Anno LIV
Numero 3
Dicembre 2005

Elettronica e telecomunicazioni

Rai Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica

Rai Eri

Elettronica e telecomunicazioni

Edizione ottimizzata per la stampa.
La rivista è disponibile su web
alla URL www.crit.rai.it/eletel.htm

Anno LIV
N° 3
Dicembre 2005

Rivista quadrimestrale a cura della Rai

Indice

Editoriale

ing. Gianfranco **Barbieri**
Direttore di
"Elettronica e
Telecomunicazioni"

La televisione è nata ufficialmente in Italia nel 1954. Sono trascorsi da allora più di 50 anni e la risoluzione del segnale video trasmesso è rimasta immutata (teoricamente 720x576 pixels cioè poco più di 400.000 pixels di risoluzione globale). Si sono spesi gli ultimi vent'anni nella ricerca di soluzioni condivise a livello mondiale che consentissero di adeguare la definizione dell'immagine a quella oggi ottenibile con altri sistemi del panorama multimediale (cinematografia, fotografia, stampa); i maggiori problemi da superare erano molteplici ed erano costituiti principalmente dai limiti tecnologici di alcuni anelli della catena trasmissiva e dalla necessità di sviluppare terminali a costi commercialmente sopportabili dall'utenza di massa. Oggi l'obiettivo di portare a casa dell'utente la qualità video e audio, che fino a pochi anni fa era possibile apprezzare solo nelle sale cinematografiche, sta diventando una realtà grazie alle tecnologie disponibili ed alla maggior capacità dei canali di trasmissione in concomitanza con il netto salto di qualità dei sistemi di compressione e trasmissione. Sul fronte dei display sono ormai disponibili, a costi accessibili, gli schermi piatti, anche ad alta definizione, e, per facilitare la scelta da parte degli utenti l'industria europea ha introdotto il logo *HD-ready* per indicare quelli predisposti all'avvento della HDTV.

Abbiamo ritenuto interessante sottolineare la portata di questo momento che segna una nuova tappa nell'evoluzione del sistema radiotelevisivo nell'attuale numero della rivista La scheda " TV cambia la definizione" compie una disamina dello stato dell'arte nello sviluppo dei display mentre l'articolo "HDTV a Torino 1986-2006" ripercorre venti anni di progetti e di sperimentazioni condotte presso il Centro Ricerche Rai nel contesto dell'attività degli organismi internazionali impegnati nello sviluppo di nuovi sistemi di TV ad Alta Definizione. Partendo dai primi esperimenti condotti negli anni '80 in collaborazione con i ricercatori della giapponese NHK, vengono rievocate le tappe attraverso le quali i Laboratori di Torino erano balzati alla ribalta mondiale per la messa a punto del primo sistema di trasmissione HDTV interamente digitale; il successo degli esperimenti effettuati durante i Campionati Mondiali di Calcio del 1990 avevano infatti evidenziato come fosse ormai maturo il momento di far evolvere il sistema televisivo dimostrando la possibilità di passare alle tecnologie digitali. Oggi, a distanza di 15 anni dal quel memorabile evento le circostanze offrono la possibilità di scrivere nuovamente una pagina significativa nella storia dell'evoluzione tecnologica: dal 10 al 26 febbraio 2006, Torino sarà infatti teatro dei XX Giochi Olimpici Invernali e questo rappresenterà l'occasione per portare alla ribalta internazionale gli avvenimenti sportivi utilizzando le tecnologie televisive più innovative. Gli eventi più importanti, comprese le cerimonie di apertura e chiusura, ripresi nel formato HDTV verranno diffusi sull'area torinese in tecnica digitale terrestre basata sullo Standard DVB-T. Questo standard, che negli ultimi tempi ha occupato la scena nei mezzi di comunicazione di massa, suscitando grande interesse e sollevando qualche polemica, costituisce il risultato di anni di studi e sperimentazioni condotte con spirito collaborativo, nell'ambito del Consorzio DVB, da circa 300 partners comprendenti i principali attori, sia pubblici che privati, operanti a livello mondiale nel comparto dei media e dei gestori di reti di telecomunicazioni. L'articolo "TV Digitale Terrestre" riporta una sintesi delle caratteristiche più salienti di questo nuovo sistema e traccia un bilancio consuntivo sullo stato

di sviluppo delle rete che, a due anni dall'avvio del servizio in Italia, arriva oggi a servire circa tre milioni di famiglie.

Tra i vantaggi più rilevanti offerti dalla TV Digitale terrestre basata sullo Standard DVB-T figura la possibilità di erogare servizi multimediali interattivi non soltanto alle postazioni di ricezione convenzionali ma ad utenti in mobilità. La trasmissione digitale in tecnologia DVB-H (*H=Handheld*) permette, infatti, la ricezione di immagini televisive su terminali portatili, utilizzando una rete di radiodiffusione. L'articolo "Il sistema DVB-H per la TV mobile" descrive nei dettagli questa nuova tecnologia, rivolta a terminali dotati di piccolo display e con funzionalità condivise con altre applicazioni, evidenziandone le peculiarità, in particolare in termini di protezione dei dati trasmessi e di durata della batteria. È inoltre riportata una panoramica sulle tipologie previste di terminali DVB-H e sullo stato di avanzamento della standardizzazione, anche grazie ai progetti di sperimentazione attualmente in corso, in cui il Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica della Rai è attivamente coinvolto. Una panoramica più esaustiva sulle principali attività di ricerca ed innovazione in cui il Centro è attivamente presente viene tracciata nella scheda "Porte aperte all'innovazione" in cui vengono illustrate le tappe percorse dai circa trecento visitatori che nello scorso mese di ottobre hanno presenziato all'iniziativa organizzata sul territorio metropolitano torinese in collaborazione con altre 79 realtà cittadine e provinciali.

Le odierne tecnologie consentono di sviluppare nuovi servizi sofisticati ed innovativi; in una società aperta ad una molteplicità di valori e rispettosa delle necessità di tutti i suoi componenti non possono essere trascurate le opportunità che le tecnologie offrono per venire incontro alle categorie più deboli con riferimento alle problematiche del "*digital divide*". Il nostro ordinamento legislativo pone particolare attenzione al concetto di accessibilità, definito come la capacità dei sistemi informatici di erogare servizi e fornire informazioni fruibili, senza discriminazioni, anche da parte di coloro che a causa di disabilità necessitano di tecnologie assistive o configurazioni particolari. La Rai, in quanto servizio pubblico, è particolarmente attenta alle tematiche sociali; l'articolo "Il sito Melevisione Accessibile" illustra l'evoluzione del sito Internet associato alla trasmissione "Melevisione" di RaiTre dedicata ai bambini. La realizzazione del sito è stata oggetto di un articolo della Rivista (numero 2, Agosto 2000), Nel 2004 il sito è stato completamente rinnovato, e nel dicembre di quest'anno ne è stata aggiunta una nuova versione accessibile, realizzata espressamente utilizzando gli accorgimenti tecnici che rendono la navigazione più facile ed immediata anche da parte di persone con problemi di vista, ma anche da coloro che non sono dotati di apparati tecnologici aggiornati o da connessioni ad alta capacità.

Nel filone dei temi di approfondimento sono stati inseriti in questo numero gli articoli "La modulazione COFDM" (come è noto il sistema di modulazione in oggetto costituisce la base per la trasmissione della TV Digitale Terrestre) e "Rappresentazione del Colore in Applicazioni di Computer Vision e Image Analysis". Quest'ultimo articolo esamina gli aspetti fisici, fisiologici e psicologici correlati alla percezione cromatica,discutendo alcuni dei modelli matematici utilizzati per la rappresentazione del colore nelle applicazioni di *Computer Graphics* e *Image Analysis*

Riteniamo infine interessante segnalare l'articolo "Da pochi caratteri a milioni di bit, sul filo di rame" nel quale viene evidenziata l'evoluzione tecnologica del "vecchio" doppino, nato più di 50 anni fa per il trasporto di segnali telefonici ed oggi utilizzato per collegamenti Internet ADSL ad elevata velocità. L'articolo coglie l'occasione per fare alcuni richiami storici ai primi curiosi tentativi ottocenteschi di sviluppo di reti telegrafiche funzionanti con le limitate tecnologie allora disponibili citando un esempio di collegamento Lione-Venezia che transitando per Torino e Milano sembra anticipare profeticamente la tanto oggi discussa linea ferroviaria ad Alta Capacità.

Televisore:
cambia la definizione

Marzio Barbero & Natasha Shpuza

televiṣione, f. *τῆλε lontano, visio -ōnis vista. ⊕ Trasmissione a distanza di immagini in movimento, cioè con frequenza cinematografica, per mezzo di radioonde. ‖ -ivo, ag. Pertinente a televisione. ‖ -ore, m. Apparecchio ricevente di trasmissioni televisive.

(fonte: N. Zingarelli, Vocabolario della lingua italiana, 1962)

1. "Da pochi caratteri a milioni di bit, sul filo di rame", '05-3

2. "Obiettivo 1000, alta definizione e schermi TV"", '05-2

Sommario
Negli ultimi anni assistiamo ad un rapido cambiamento della televisione, ed il televisore si trasforma in un grande schermo piatto, adatto per l'alta definizione, oppure un piccolo schermo, sul palmo di una mano, per ricevere la TV mobile.
Questo articolo suggerisce un percorso, fra gli articoli pubblicati nel 2005 da Elettronica e Telecomunicazioni, per orientarsi fra i recenti cambiamenti della tecnologia televisiva e aiuta nella interpretazione dei termini, di origine anglosassone, che diventano di uso sempre più comune.

Telefono e televisione

Ci fu un'epoca, nel secolo scorso, in cui i termini telefono e televisione avevano un significato chiaro, univoco: il telefono trasportava lontano la voce e la televisione trasportava lontano le immagini.

Cinquant'anni fa incominciarono a viaggiare sul doppino telefonico poche centinaia di bit al secondo e da allora il flusso non ha mai cessato di allargarsi [1], portandoci a casa testi, suoni, immagini, prima fisse e poi in movimento: oggi arriva, sui fili in rame, anche la televisione.

Anche la televisione, già nell'infanzia, aveva ambizioni di crescita e ha conquistato colore (in Italia nel '77), dati (il televideo arriva nel 1984) e ovviamente ha moltiplicato il numero di righe [2].

La Televisione Digitale Terrestre,
a due anni dall'avvio

3. "La televisione digitale terrestre, a due anni dall'avvio", '05-3

L'Alta Definizione a Torino
1986 - 2006
HDTV

4. "L'Alta Definizione a Torino: 1986-2006", '05-3

Il canale telefonico che, all'origine, richiedeva poca banda ed era bidirezionale, oggi, mantiene il pregio dell'interattività, ma trasporta flussi sempre più ampi, la banda larga o *broadband*, soprattutto per distribuire informazioni unidirizionali, compresa quella video. Inizialmente la voce correva sul filo (*wire*), ma oggi ne fa sempre più a meno (*wireless*) e, impacchettata, diventa VoIP (*Voice over Internet Protocol*).

Il canale televisivo, nato per la diffusione (*broadcast*) via etere, oggi vuole competere, o integrarsi, con quello telefonico per offrire l'interattività e, divenuta digitale (DTV, *Digital TeleVision*), va sul satellite o rimane a terra (DTT, *Digital Terrestrial Television*) [3]. Prossimamente arriverà sul canale diffusivo terrestre anche la HDTV (*High Definition TV)* [4]. La TV transita anche su fibre ottiche (FFTH, *Fibre-To-The-Home*), oltre che sul doppino telefonico e diventa BTV (*Broadband TV*) oppure IPTV (*internet Protocol TV*).

Il televisore

E il "televisore": aveva uno *status* riconosciuto, ben definito e importante, nelle famiglie degli anni '50. Status che si è impoverito, con l'avvento dei materiali plastici e la riduzione del prezzo, nel corso dei decenni.

Si è scomposto, ed oggi torna ad essere di nuovo al centro delle attenzioni, e del *budget*, della famiglia nelle sue varie componenti.

Lo schermo ha cambiato spessore, si è appiattito (FPD, *Flat Panel Display*), ed è tanto più pregiato, e costoso, quanto più si avvicina ad un manifesto: tanto è vero che la tecnologia che verrà probabilmente adottata in futuro per realizzarlo è quella oggi utilizzata dalle stampanti a getto d'inchiostro per produrre documenti o fotografie.

La tecnologia delle stampanti a getto d'inchiostro per realizzare schermi ultrapiatti

Una stampante a getto di inchiostro può essere lo strumento per realizzare i display del prossimo futuro. Questa è una delle tecniche di produzione proposte e sperimentate per la realizzazione si schermi PLED (*Polymer Light Emitting Diode*). Questa tecnologia è stata sviluppata dalla CDT (*Cambridge Display Technologies*) dopo che, nel 1989, fu scoperto che il PPV (*polyphenylene vinylene*) emetteva una luce giallo-verde, diventava elettroluminoscente, quando era compreso fra una coppia di elettrodi e percorso da una corrente elettrica.

PLED è una delle tecniche sviluppate per la realizzazione degli schermi piatti OLED (*Organic Light Emitting Diode*). Questa tecnologia di produzione promette la realizzazione di display piatti a basso costo e di una gamma di dimensioni molto ampie. Il problema ancora difficile da superare è la vita media dei materiali usati, in particolare quelli in grado di emettere la luce blu.

La CDT ha annunciato il 12 dicembre 2005 che è stato prodotto un dispositivo rosso con una vita di mezzo milione di ore, nel caso di luminanza iniziale pari a 100 cd/m^2 e con una efficienza superiore a 7 cd/A. Il dispositivo blu, basato su un nuovo materiale, ha un vita di 150 mila ore (diciotto mesi fa era stato annunciato il raggiungimento delle 30 mila ore) e una efficienza di 10 cd/A. Per una luminanza iniziale pari a 400 cd/m^2 la vita è stimata pari a 31200 ore per il rosso e 9400 ore per il blu. Questi tempi sono stime ottenute in laboratorio, utilizzando tecniche di invecchiamento accelerato: infatti uno schermo attivo mediamente 8 ore al giorno, impiega 10 anni per accumulare circa 30000 ore di funzionamento.

La parte per ricevere e decodificare il segnale per restituirci le immagini e i suoni è ormai universalmente nota come STB (*Set-Top-Box*) ovvero una scatola da porre sopra il televisore, cosa ormai impossibile, visto che lo schermo è troppo sottile e non è in grado di sostenerlo.

Ma arrivano anche apparati che integrano lo schermo e la parte di ricezione/decodifica: gli iDTV (*integrated Digital TV*): in pratica un unico oggetto, cioè il televisore.

Purtroppo non è così semplice, perché la tendenza è avere un grande schermo, con un impianto audio 5.1 (cioè 5 altoparlanti disposti strategicamente nell'ambiente) che diventa così il teatro domestico (*Home Theatre*) attraverso cui godere degli spettacoli provenienti, forse, da diversi STB (da satellite, DTT, BTV e IPTV, DVD, PVR...).

Il PVR (*Personal Video Recorder*) è il sostituto del videoregistratore a cassette: su richiesta, o in base al profilo dell'utente, registra i programmi preferiti e li ripropone al momento più opportuno.

DVR e PVR

Il DVR (*Digital Video Recorder*) è un registratore di programmi televisivi su un medium digitale fisso (hard-disk) o removibile (DVD registrabile). Con il termine PVR (*Personal Video Recorder*) generalmente si indica un DVR dotato di un *software* evoluto che permette di svolgere operazioni più sofisticate che la semplice registrazione video.

I primi PVR furono ReplayTV e TiVo, lanciati al *Consumer Electronics Show* a Las Vegas nel 1999, e da allora questi dispositivi si sono evoluti in termini di capacità di memoria (sono oggi in grado anche di registrare su DVD) e di funzionalità: possibilità di "saltare" la pubblicità, collegamento via internet, programmabilità utilizzando un computer, PC o palmare (PDA, *Personal Digital Assistant*). All'interno di un PVR si trovano normalmente un disco (*hard-disk*) e un decodificatore MPEG-2, il dispositivo è gestito per mezzo di un sistema operativo (ad esempio il Linux nel caso del TiVo).

Oltre a poter registrare il programma preferito o consentire di vedere, o rivedere, gli ultimi minuti del programma appena trasmesso (*time-shifting*), fra le funzionalità più utilizzate vi è quella di "saltare" parti non desiderate del programma, per esempio gli annunci pubblicitari a cui non si è interessati. Inizialmente la comunità degli inserzionisti pubblicitari osteggiavano lo sviluppo dei PVR, ma sembra che di fatto l'impatto dei messaggi pubblicitari non subisca conseguenze significative dalla cresente diffusione dei PVR e che anzi quest'ultima possa essere sfruttata: è stato annunciato, il 30 novembre 2005, che in USA, a partire dalla primavera 2006, TiVo consentirà "un miglioramento dell'esperienza televisiva", fornendo una pubblicità personalizzata, secondo specifiche categorie, agli abbonati al servizio.

La TV sta evolvendo verso l'alta definizione e con essa arrivano tecniche di compressione più sofisticate e numerosi sono stati gli annunci che riguardano l'avvio, entro il 2006, della distribuzione di programmi HD sia via satellite che a mezzo cavo o doppino. I PVR si adeguano, aumentando in capacità del disco e adottando decodificatori MPEG della nuova generazione, in grado di decodificare anche MPEG-4 AVC. Ad esempio, alla recente mostra IBC 2005 di settembre 2005, è stato annunciato che un nuovo HD PVR sarà utilizzato nel 2006 da ntl, il maggior operatore via cavo in Gran Bretagna, per lanciare i nuovi servizi HDTV. Il PVR sarà dotato di decodificatori MPEG-4 AVC, connettività USB-2 e Ethernet, 160 GB di hard disk sufficiente per memorizzare fino ad 80 ore di contenuti, e 3 sintonizzatori video per permettere di memorizzare contemporaneamente fino a 3 programmi video.

5. "Verso l'Alta Definizione", '05-1

Ovviamente per gestire il televisore occorre un telecomando (si spera uno solo, se STB, DVD e PVR convergeranno in un tutt'uno) e una guida elettronica dei programmi (EPG, *Electronic Programme Guide*) che consente di navigare in questo mare di offerte.

Lo sviluppo delle tecnologie per la realizzazione di schermi piatti non sono indispensabili solamente per avere schermi di grandi dimensioni [5], ma sono importanti anche per la TV mobile [6].

6. "Grandi immagini sul palmo di una mano", '05-1

Dal telecomando all'EPG

1962: uno dei primi televisori per la ricezione di due canali: TV B/N Zenith, schermo da 23", con telecomando a ultrasuoni
(fonte: Radio e Televisione, Collezione del Museo Rai)

Quando nacque la televisione, il televisore doveva essere sintonizzato sul solo programma ricevibile e bastava accendere la TV per vederlo. Poi venne un secondo canale e comparvero i primi telecomandi, a ultrasuoni, per consentire di "cambiare" canale. A partire dall'introduzione del DVD, le funzionalità, e la disposizione dei tasti, sono definiti dallo standard, in modo da permettere la navigazione corretta grazie all'interfaccia predisposta dal realizzatore dei contenuti. Oggi, la "navigazione" nel mare dell'offerta di programmi è così impegnativa che occorre avere una "guida" che ci conduca e ci agevoli la scelta.

La guida elettronica ai programmi (EPG) assume quindi un ruolo determinante come vetrina e per convincere lo spettatore a rimanere nell'ambito dell'offerta dello stesso editore.

Due decenni fa vi erano "visionari" che ritenevano che l'esplodere dell'offerta (da satellite, via cavo, terrestre) avrebbe consentito la massima libertà allo spettatore, la possibilità di costruirsi un palinsesto in base ai propri gusti e necessità. Oggi menù interattivi possono consentire di navigare nell'EPG, scegliere il programma da vedere o da registrare. La combinazione PVR e EPG può permettere di registrare il singolo programma, oppure le puntate quotidiane o settimanali del programma preferito.

Il quarto schermo

Si dice che quattro sono gli schermi che giocano un ruolo nella nostra vita: quello cinematografico, quello televisivo, lo schermo del nostro PC e infine quello del nostro cellulare. Ed è proprio quest'ultimo che potrebbe divenire il più importante, perché è l'unico che ci accompagna per tutta la giornata.

Senz'altro su questo quarto schermo si sono recentemente appuntati gli interessi dell'industria, delle società di telefonia, di produttori di contenuti multimediali, e dei *broadcaster*. Tutti si interrogano su quali siano i contenuti che susciteranno l'interesse del grande pubblico (*killer application*) e su quale sarà la catena del valore più promettente.

Il DVB-H [7] è derivato dal sistema di TV digitale, e non dai sistemi di telefonia mobile, è destinato a terminali mobili, in genere di dimensioni e peso contenuti, come i telefoni cellulari o i palmari (il suffisso H indica appunto *handheld*, ovvero tenuto sulla mano).

Il sistema DVB-H
per la TV Mobile

7. "Il sistema DVB-H per la TV mobile", '05-3

Le previsioni di mercato

Il DVB-H IBC (*International Broadcasting Convention*) è il più importante evento annuale in Europa relativo alle tecnologie televisive e sono stati 43000 i visitatori a IBC 2005 (Amsterdam, 8-12 settembre). Il giorno centrale della conferenza è stato dedicato a *Mobile Applications*, a conferma dell'attenzione del mondo della televisione e dei multimedia sulle applicazioni della TV mobile.

E' innegabile l'interesse del pubblico per i terminali mobili, i telefoni cellulari e i giochi elettronici, e soprattutto ricerche di mercato indicano che vi è una richiesta del pubblico a servizi video, audio e multimedia ed una disponibilità a pagare per ottenerli. Il mercato dei contenuti video per terminali mobili sta crescendo rapidamento e si stima che raggiunga, a livello mondiale, la cifra di 550 milioni di $ già alla fine del 2005, con una previsione di 5,5 miliardi di $ nel 2008. Queste sono le stime relative ai flussi video distribuiti e scaricati dai telefoni cellulari. (fonte: Daily News, 11-9-2005, www.ibc.org).

Per quanto riguarda i sistemi di diffusione televisiva mobile, in partilcolare il DVB-H, vi sono ricerche di mercato che indicano un interesse del pubblico ad acquistare servizi di TV mobile, con un canone mensile da 10 a 20 $. Studi del DigiTAG hanno rilevato che il 60% dei consumatori sarebbero interessati al alla TV mobile e che il mercato negli USA ammonterebbe a regime a circa 60 miliardi di $ all'anno. Al Mobile Entertainment Summit (San Francisco, ottobre 2005), analisti americani indicarono in 16 milioni di $ il mercato della TV mobile in USA nel 2004 ed una previsione di 750 milioni di $ nel 2008. (fonte: Mobile TV Forum, www.mobiletv.nokia.com).

Alla *Nokia Mobility Conference* di Barcellona (2 novembre 2005) è stato presentato il primo dispositivo integrato con DVB-H mobile della serie N con uno schermo antiriflesso da 2,8" QVGA (320x240 pixel) dotato di altoparlanti stereo. Dovrebbe essere disponibile in Europa a metà del 2006.

I sistemi di telefonia cellulare, anche quelli della terza generazione, sono essenzialmente di tipo punto-a-punto: il singolo utente richiede un servizio, ad esempio lo scaricamento di un clip video, ed una parte della capacità della rete viene destinata in esclusiva a quel servizio per il tempo necessario,

I sistemi diffusivi, come il DVB-H, distribuiscono i programmi audio e video a tutti gli utenti presenti nell'area servita dalla rete.

Una delle conseguenze dell'uso di un servizio di tipo circolare, come quello DVB-H, è che il costo può essere notevolmente inferiore a quello di un servizio punto-a-punto.

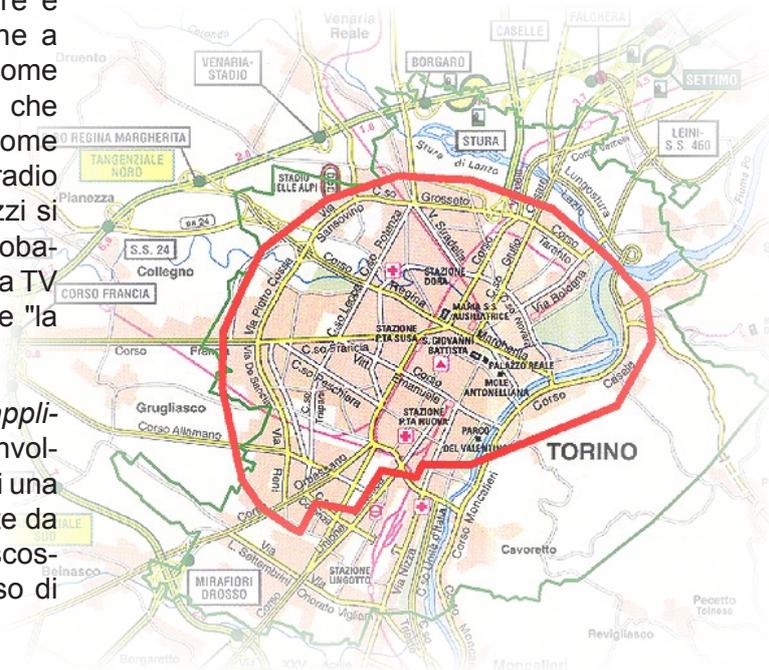
Benché il terminale DVB-H assomigli, come funzionalità, ad un televisore è evidente che difficilmente si rimane a lungo "incollati" al piccolo schermo, come accade con la TV. C'è chi ricorda che alla nascita. la radio fu descritta come "teatro a distanza", la televisione "radio con immagini" e che entrambi i mezzi si svilupparono in modo inaspettato: probabilmente la stessa cosa accadrà per la TV mobile, che non sarà semplicemente "la televisione sul proprio telefono".

Si può ipotizzare che le future *killer application* saranno caratterizzate dal coinvolgimento dell'utilizzatore come parte di una comunità o di un gruppo: interessante da questo punto di vista è il successo riscosso dal sistema di votazione nel corso di programmi TV mediante SMS.

La TV Mobile a Torino

La TV mobile è ancora in una fase iniziale e notevoli saranno gli sviluppi e i miglioramenti per quanto riguarda terminali e contenuti. La Rai ha deciso di sperimentare, inseme a partner di livello internazionale, questa nuova opportunità fin da ora, e coinvolgendo gli utenti.

La sperimentazione è avviata alla fine del 2005, per alcuni mesi del 2006, ed è attuata nell'ambito di una area di copertura nella città di Torino.

Ulteriori informazioni sulla sperimentazione sono presenti sul sito web del Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica della Rai (www.crit.rai.it/tvmobile).

La Televisione Digitale Terrestre, a due anni dall'avvio

MB&NS

Una breve descrizione della DTT, la televisione digitale terrestre, a due anni dall'avvio del servizio in Italia, dove sono ormai tre milioni le famiglie dotate del set-top-box interattivo.

L'avvio

Il 3 gennaio 2004, esattamente 50 anni dopo l'inizio della televisione in Italia, la Rai ha avviato ufficialmente le trasmissioni della televisione digitale terrestre.

La televisione digitale terrestre DTT (dall'acronimo in lingua inglese *Digital Terrestrial Television*) affianca il servizio analogico, che continua ad essere erogato poiché utilizza canali differenti, e consente di fruire, nel caso della Rai, di due insiemi (denominati *multiplex* o *bouquet)* di programmi.

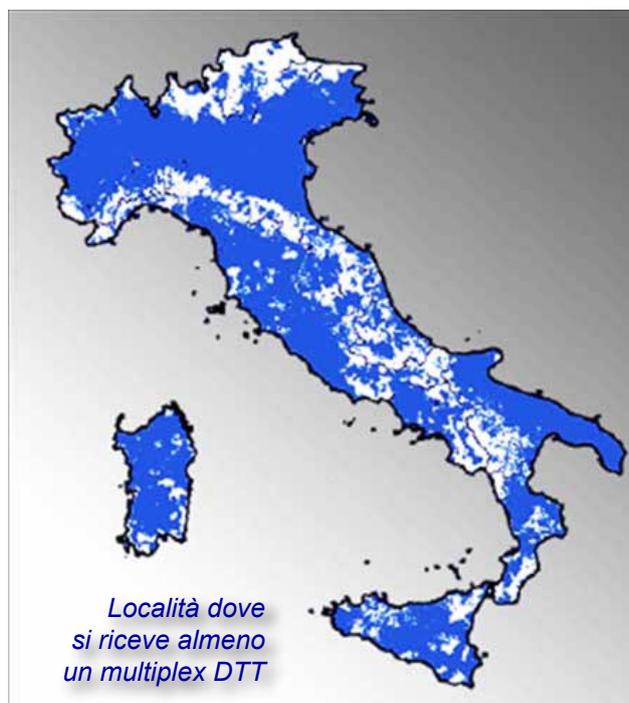
I *bouquet* oltre ai programmi presenti sulle reti analogiche televisive, radiofoniche e della filodiffusione (RaiUno, RaiDue, RaiTre, Televideo, Radio1, Radio2, Radio3 e FDAuditorium) offrono una programmazione aggiuntiva (RaiUtile, Rai Doc-Futura, RaiNews24, RaiEdu1).

Rai Utile è nato per rispondere ai bisogni dei cittadini. Cinque grandi aree tematiche scandiscono la settimana: consumi, ambiente, lavoro, famiglia e cultura- tempo libero. Al suo interno RaiUtile propone i servizi realizzati da "TelePA" con gli aggiornamenti sui principali fatti della Pubblica Amministrazione.

Rai Doc-Futura è il nuovo canale digitale della Rai dedicato all'intrattenimento culturale e alla sperimentazione: ogni giorno il canale propone ai propri telespettatori una programmazione in cui l'arte, la fantasia e lo spettacolo sono i protagonisti principali.

La versione interattiva di **Rai News 24** ha la stessa grafica del canale televisivo satellitare, con l'aggiunta di menu che permettono di navigare approfondimenti o usufruire di nuovi servizi. Poche facili operazioni per attivare l'elenco delle news e le foto del giorno, scorrere la rassegna stampa, leggere gli approfondimenti della rubrica libri, ecc.

Rai Edu 1 è il canale di Rai Educational dedicato alla formazione scolastica, in particolar modo alla didattica dell'inglese per i bambini delle scuole elementari e alla diffusione delle unitá audiovisive di MEDITA, la Mediateca Digitale Italiana, dedicate alle scuole di ogni ordine e grado.

Località dove si riceve almeno un multiplex DTT

Nel secondo anno dall'avvio sono presenti sull'intero territorio nazionale 7 multiplex. Vi sono inoltre numerosi multiplex locali che trasmettono solo in alcune ore (generalmente nelle ore notturne). In buona parte del territorio nazionale è ricevibile almeno un multiplex, assicurando a più del 70% della popolazione l'accesso al servizio.

Quasi tre milioni di famiglie hanno acquistato un decoder DTT abilitato alle funzioni interattive.

La TV digitale

La catena che porta l'informazione televisiva nelle nostre case ha iniziato il processo di digitalizzazione a partire dagli anni '80. E' del 1982 la norma internazionale (ITU-R BT.601) che specifica i parametri per la codifica digitale del segnale video utilizzato nella produzione televisiva: il primo passo verso un'unificazione dei diversi standard che fino ad allora avevano costituito una importante barriera tecnica alle comunicazioni a livello globale.

Negli anni successivi le attività di ricerca ed i progressi nelle tecniche di compressione dei segnali video e audio hanno permesso di trasmettere o registrare queste informazioni, riducendo sempre più la capacità richiesta ai canali e la sensibilità agli errori da essi introdotti.

Fondamentale fu l'approvazione dello standard MPEG-2 video nel 1995. Da quel momento il video digitale inizia ad entrare nelle case, sotto forma di DVD (*Digital Versatile Disc*) e di DTV (*Digital TeleVision*). In Europa l'artefice dello sviluppo della televisione digitale è il DVB (*Digital Video Broadcasting*) che, a partire dall'anno della sua fondazione ufficiale (1993) ha definito

e promosso diversi standard fra cui: DVB-S (per la diffusione via satellite), DVB-C (distribuzione via cavo), DVB-T (diffusione terrestre) e MHP (*Multimedia Home Platform*).

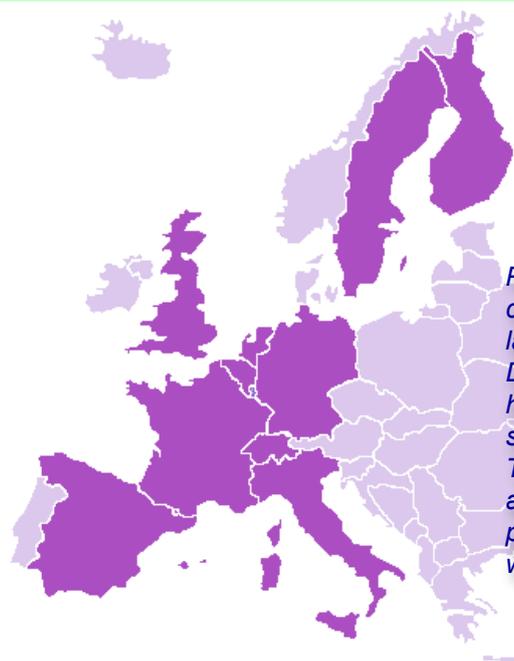
La DTT si basa proprio su questi ultimi due standard, DVB-T e MHP, che costituiscono i fondamenti tecnologici per le caratteristiche innovative della TV digitale terrestre rispetto alla tradizionale TV analogica:

◊ adozione di un sistema di trasmissione numerico che permette un miglioramento nello sfruttamento dello spettro elettromagnetico, nella qualità dell'immagine e del suono, una riduzione dell'inquinamento elettromagnelico
◊ l'interattività, ovvero la possibilità da parte dell'utente di interagire con i contenuti dei programmi televisivi o altri tipi di dati, che possono essere o meno associati al programma. Un canale di ritorno, ad esempio un modem telefonico, permette di mettere in comunicazione l'utente con il fornitore del programma.

A casa dell'utente

Il segnale digitale viaggia sfruttando l'etere e occupa le stesse bande di frequenza già utilizzate per la TV analogica: è quindi possibile la ricezione con gli attuali impianti d'antenna, se realizzati secondo le norme.

E' invece indispensabile dotarsi di un terminale d'utente specifico per la DTT. L'apparato più comune, al momento, è un ricevitore-decodificatore integrato (IRD, *Integral Receiver and Decoder*) o STB (*Set-Top-Box*) che va collegato al televisore tradizionale mediante l'interfaccia

La Rai, attraverso il Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica, ha direttamente contribuito alla definizione delle specifiche DVB. Il numero di aprile 2002 di Elettronica e Telecomunicazioni è interamente dedicato allo standard DVB-T e alle attività di ricerca e sperimentazione svolte: la diffusione DTT in Italia inizia nel 1998 dal trasmettitore Torino-Eremo.

Paesi in Europa che hanno lanciato servizi DTT e paesi che hanno adottato lo standard DVB-T, molti hanno avviato progetti pilota (fonte www.digitag.org).

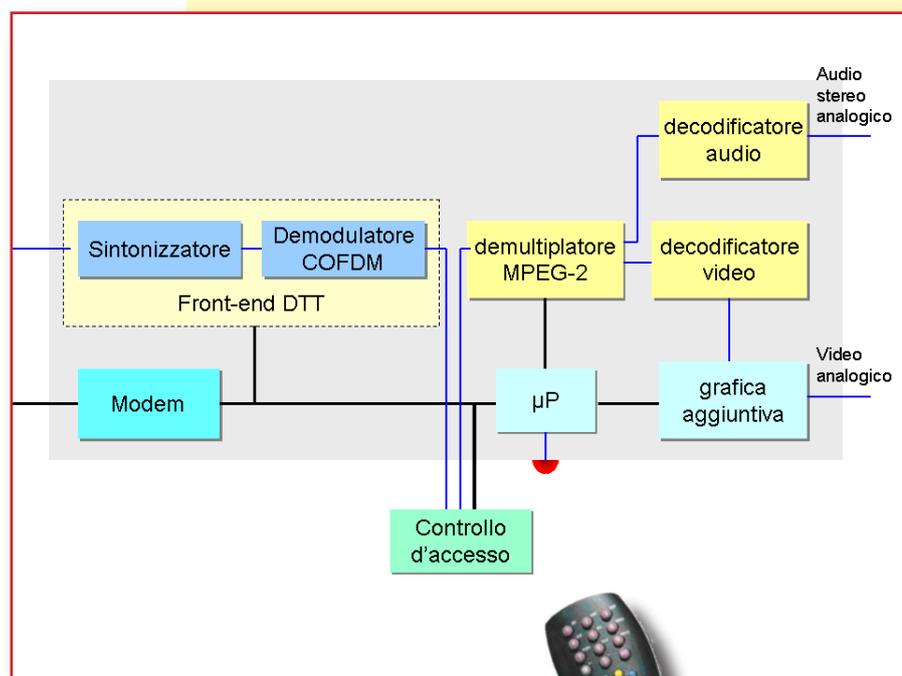
MHP è uno standard definito a livello europeo (dall'ETSI, *European Telecommunication Standard Institute*) e quindi una applicazione, scritta da un produttore di software in base alle specifiche, può essere eseguita da tutti i STB prodotti dalle diverse industrie. La situazione è completamente diversa da quella normalmente adottata nella TV satellitare, dove si adottano piattaforme proprietarie e, per poter utilizzare l'interattività, il STB deve essere quello fornito dall'operatore TV con cui è stato stipulato il contratto di fornitura.

Il cuore della specifica MHP è la macchina virtuale Java, che fornisce anche gli elementi base di sicurezza. Nelle specifiche MHP sono presenti tutti i meccanismi necessari per poter disporre di applicazioni "firmate" e quindi sicure.

La piattaforma multimediale domestica MHP consente l'accesso ad un'ampia gamma di servizi che possono essere caratterizzati attraverso tre profili.

Il profilo 1, Enhanced Broadcasting 1 (EB1) (ossia di radiodiffusione avanzata) offre concrete possibilità di arricchire i servizi televisivi diffusivi unidirezionali di base con contenuti multimediali (clip audio, immagini, finestre di testo, animazioni, ecc.), eventualmente sincronizzati con il programma in onda, e di trasmettere servizi "datacast" e applicazioni come enhanced teletext e sottotitoli, canali guida elettronici evoluti e giochi memorizzandoli nel terminale di utente.

Il profilo 2, Interactive Broadcasting 1 (IB1) (ossia di radiodiffusione interattiva) aggiunge al precedente la possibilità per l'utente di interagire con il Centro Servizi attraverso un canale di ritorno consentendo l'introduzione di servizi bidirezionali ad esempio il televoto, i quiz, la pubblicità interattiva, l'home-banking, e il commercio elettronico.

Il profilo 3, Internet Access 1 (IA1, ossia di accesso Internet) offre la possibilità di accedere a servizi del tipo Internet (navigando su contenuti web) e consente di effettuare vere e proprie transazioni commerciali, tipiche degli attuali servizi di e-commerce, sfruttando i protocolli di sicurezza già presenti nel mondo Internet.

Schema semplificato di un STB. Il dispositivo è in grado di sintonizzare il canale, demodulare il segnale COFDM, estrarre dal multiplex e decodificare i dati video e audio MPEG-2, inviare al televisore i segnali analogici video e audio per mezzo dell'interfaccia SCART. E' dotato di telecomando a infrarossi e di interfaccia per consentire l'accesso condizionato (CA, *Coditional Access*). Nel contesto DTT italiano le soluzioni CA sono di tipo *embedded software*, prevedono che il STB ospiti al suo interno il codice software per consentire la distribuzione a pagamento dei programmi, in modalità *pay-per-channel*, *pay-per-view* o *pay-per-event*. MHP prevede di avere disponibile una connessione IP (*Internet Protocol*) con il mondo esterno. I STB attuali utilizzano un modem su via telefonica, ma sono possibili anche collegamenti GPRS e, in futuro, ADSL.

SCART di cui sono dotati. Gli apparecchi televisivi che integrano la capacità di decodificare i segnali digitali, oltre a quelli analogici, sono denominati iDTV (*integrated Digital TeleVision*).

Tutti i telecomandi presentano la stessa disposizione dei tasti e integrano in un solo dispositivo la possibilità per il telespettatore di effettuare azioni che oggi prevedono invece il ricorso a strumenti differenti (telefono, computer, posta, ecc.).

Ad esempio è possibile, attraverso il telecomando, oltre a selezionare i singoli programmi:

- partecipare a votazioni e sondaggi, che hanno effetto anche sulla dinamica del programma, supplendo in tal modo alla funzionalità oggi espletata via telefono;
- ottenere informazioni aggiuntive relative ai protagonisti, o resoconti sulle passate vicende che li hanno interessati, con una modalità similare all'accesso via Internet;
- giocare con quiz e test relativi al programma o alle tematiche ad esso legate, entrare in collegamento con la comunità del pubblico del programma in una *chat* (scambio di messaggi tramite TV e telecomando);
- acquistare prodotti collegati al programma.

La navigazione è infine agevolata dall'associazione tra i contesti tra cui il telespettatore può muoversi ed i corrispondenti colori dei tasti del telecomando; ciò avviene senza perdere contatto col programma stesso, il cui video viene ridimensionato, o integrato alla grafica in sovra-impressione.

Le tecnologie

Le tecnologie sottostanti alla DTT sono moderne, ma allo stesso tempo collaudate e quindi "sicure". Il STB è complesso, di una complessità simile a quella del PC, ma è stato progettato per sostituire nelle case il televisore, un "elettrodomestico" con cui siamo abituati a convivere, senza

Esempi di Televideo, guida elettronica ai programmi (EPG, *Electronic Programme Guide*), televoti e sondaggi, approfondimenti correlati al programma.

le incompatibilità *hardware* e *software* che subiamo, e in parte siamo disposti ad accettare, quando usiamo un PC.

Il sistema di modulazione adottato è denominato COFDM (*Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing*), sviluppato, a partire dagli anni '80, per consentire la ricezione anche in condizione di riflessioni multiple, ad esempio nelle città, per la presenza di palazzi, o in zone collinari o montagnose.

Grazie a sistema di modulazione, sistema di multiplazione e codifica MPEG-2, tecniche di correzione e mascheramento degli errori, è possibile fruire del programma anche in condizioni di propagazione difficili e, a parità di area di copertura, un trasmettitore digitale richiede una potenza notevolmente inferiore ad un trasmettitore TV analogico.

Le applicazioni interattive sono "sicure" al fine di consentire applicazioni di *T-commerce* e T-*banking*.

L'evoluzione

La diffusione televisiva terrestre era l'ultima maglia analogica di una rete digitale. Una rete sempre più capillare e complessa, basata sull'informatica e le telecomunicazioni. Il problema non era quindi se anche questa maglia sarebbe diventata digitale, ma quando e come.

In Italia si è scelto di favorire una rapida diffusione di STB evoluti, in modo da consentire lo sviluppo di applicazioni interattive, per facilitare l'accesso a servizi che altrimenti richiederebbero l'uso di un PC e discrete conoscenze informatiche.

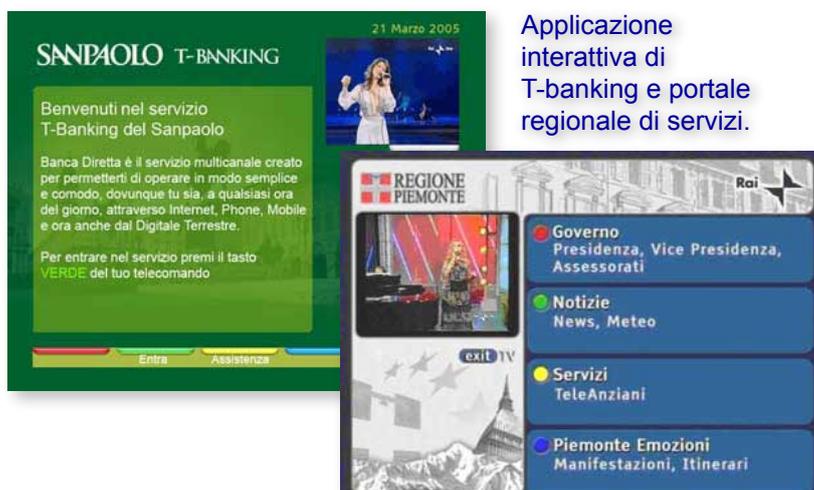
Si è scelto di utilizzare standard di tipo *open*, per favorire il più ampio accesso ai fornitori di contenuti e di servizi.

La televisione analogica ha percorso il suo ciclo evolutivo: dal bianco/nero al colore, l'introduzione del suono stereo e dei dati con il televideo. La DTT ha un punto di partenza tecnologicamente elevato e davanti a sè ha prospettive enormi di evoluzione.

In questi anni abbiamo già assistito ad alcuni sviluppi, per esempio alla introduzione di servizi *pay-per-view*.

Alcuni prevedono che STB in grado di registrare i programmi (PVR, *Personal Video Recorder*) diventeranno il "baricentro" dell'intrattenimento domestico. Permetteranno di selezionare, utilizzando la guida elettronica ai programmi EPG o tramite la connessione di ritorno, i programmi preferiti e fruirli con i tempi e le modalità preferite.

Siamo abituati ad una evoluzione rapida nel campo dell'informatica e delle telecomunicazioni, fisse e mobili. Sviluppi analoghi sono già all'orizzonte anche per la TV: l'alta definizione e la televisione mobile.

Applicazione interattiva di T-banking e portale regionale di servizi.

L'Alta Definizione a Torino 1986 - 2006

MB&NS

Il Piemonte sarà teatro, dal 10 al 26 febbraio 2006, dei XX Giochi Olimpici Invernali. In alcune località piemontesi, ed in particolare a Torino, sarà possibile assistere agli eventi principali diffusi in TV ad alta definizione, codificati con l'innovativo sistema MPEG-4 AVC e trasmessi in digitale terrestre. Torino non è nuova, grazie alla presenza del Centro Ricerche Rai, all'esperienza di una "prima HDTV": già vent'anni fa...

Vent'anni fa...

Dopo la laurea al Politecnico di Torino, il giovane ingegnere assunto in Rai fu sorpreso dall'intensa attività presso il Centro Ricerche: numerosi giapponesi erano intenti alla messa a punto di prototipi di apparati e delegazioni di rappresentanti di televisioni straniere assistevano ad una "prima" europea. Era soprattutto la presenza di ballerine che rendeva piacevolmente sorprendente l'attività di "ricerca e sperimentazione" in Rai.

Era il 1986, tra il 17 e il 25 marzo di quell'anno si svolsero al Centro Ricerche Rai, a Torino, le prove e dimostrazioni congiunte Rai-NHK di televisione ad alta definizione (HDTV, *High Definition TeleVision*).

1986:Sperimentazione di riprese HDTV, al Centro Ricerche Rai

La TV pubblica giapponese NHK (*Nippon Hoso Kyokai*) aveva iniziato le ricerche per l'alta definizione nel 1964, l'anno dei Giochi Olimpici di Tokyo, ma solamente agli inizi degli anni '80 furono disponibili apparati per effettuare reali esperimenti di produzione HDTV: memorabili sono le riprese ai Giochi Olimpici di Los Angeles (1984).

L'interesse alle potenzialità della tecnologia HDTV che si sviluppò in quegli anni, e con un ruolo determinante dell'Italia, è testimoniato anche dall'avvio, sempre nel 1986, del "Workshop on HDTV". La prima edizione fu a L'Aquila, l'undicesima fu a Ginevra nel 1999. Delle 5 edizioni in Italia, tre si tennero a Torino ('89, '91 e '94).

La Rai si è sempre dimostrata particolarmente attenta e attiva nello studiare e sfruttare le possibilità offerte dal formato HDTV, soprattutto per la produzione con tecniche elettroniche di film.

Nel febbraio 1983 fu realizzato a Venezia "Arlecchino".

Nel 1985 la Rai presentò "Oniricon", un prodotto HDTV di 11 minuti trasferito su pellicola cinematografica.

E' del 1986 la produzione del primo lungometraggio (97') della storia del cinema realizzato con tecnica televisiva alta definizione: "Giulia e Giulia" (regia Peter Del Monte, fotografia di Giuseppe Rotunno, nel cast Kathleen Turner, Gabriel Byrne e Sting). Fu il film d'apertura, fuori concorso, al Festival di Venezia del 1987.

Due sono i pricipali motivi per cui Torino rappresentò in quegli anni un centro di convergenza degli esperti della tecnologia HDTV.

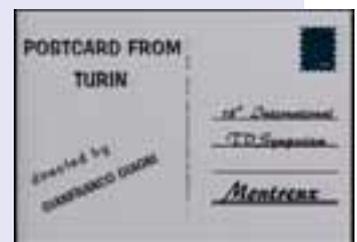
Un motivo furono le attività di ricerca e sviluppo che portarono ad un'altra "prima", questa volta mondiale. Durante i campionati mondiali di calcio Italia '90, 17 partite, di cui due tenute nello stadio di Torino, furono riprese in alta definizione, codificate in digitale con un sistema di compressione dati innovativo, e, utilizzando codici per la protezione degli errori molto efficienti, diffuse via satellite, ricevute e proiettate in sette città italiane (due postazioni erano a Torino) e due spagnole.

Era infatti stato un consorzio italo-spagnolo (il progetto Eureka 256, di cui facevano parte la Rai e la Telettra, successivamente acquisita dalla Alcatel) a ideare, progettare e realizzare l'intero sistema.

In quel periodo, i primi anni '90, l'ingegnere che abbiamo incontrato all'inizio, dopo aver partecipato attivamente al progetto, potè nuovamente assistere ad un intenso flusso di delegazioni straniere, spesso giapponesi, presso il Centro Ricerche Rai, per acquisire *know-how* alla fonte.

L'altro motivo per cui l'attenzione si focalizzava su Torino era la presenza di un altro centro di ricerca, di rinomanza mondiale, lo CSELT (Centro Studi e Laboratori di Telecomunicazioni, successivamente denominato TelecomItalia Lab). Uno dei laboratori era diretto dall'ing. Leonardo Chiariglione, l'organizzatore del workshop sulla HDTV precedentemente citato, ma soprattutto il "padre" di MPEG (*Motion Picture Expert Group*), l'insieme di tecnologie che sono alla base dei sistemi digitali video e audio di oggi: TV digitale, DVD, MP3...

Italia '90: primo esperimento mondiale di diffusione HDTV digitale via satellite, sala visione al Centro Ricerche Rai

Nelle realizzazioni Rai HDTV, fondamentale è stato il ruolo del Centro di Produzione Rai di Milano. Fra le altre, in collaborazione con il Centro Ricerche, un breve documentario, "Cartolina da Torino".

ASTROLABIUM Award
at the
6th International Electronic
CINEMA FESTIVAL
MONTREUX, June 1993

Negli ultimi dieci anni...

Nel 1995 si concluse il processo di normalizzazione MPEG-2 per la codifica video: nel 1996 tale standard fu scelto come base per il sistema televisivo digitale terrestre introdotto in USA. La Rai fu tra i promotori del progetto europeo per la diffusione digitale DVB (*Digital Video Broadcasting*) che è divenuto il maggior soggetto a livello mondiale della TV digitale. MPEG-2 fu poi adottato dal DVD Forum e infine anche dal Giappone per la diffusione digitale sia di immagini in definizione standard che in alta definizione.

Il Centro Ricerche ha avuto un ruolo primario nelle attività di studio, normalizzazione, sperimentazione e supporto all'avvio dei servizi digitali per la diffusione via satellite (DVB-S) e terrestre con servizi interattivi (DVB-T e MHP).

Negli ultimi dieci anni la Tv digitale è divenuta una realtà: l'obiettivo principale degli operatori televisivi è stato la moltiplicazione dei programmi. La banda che prima era sufficiente per un solo programma analogico, oggi permette di distribuire sui canali terrestri quattro o cinque programmi digitali, audio di qualità, dati aggiuntivi..., mentre sui canali satellitari l'incremento in mumero di programmi è superiore (circa il 30% in più).

Un ricevitore e decodificatore (set-top-box) per HDTV commerciale per il servizio HD1 da satellite in grado di decodificare immagini MPEG-4 AVC/H.264, profilo HP@L4 .0 1920x1080i

La quantità è stata forse troppo privilegiata rispetto ad altre caratteristiche positive dei sistemi digitali: fra queste, una migliore qualità dell'immagine, inclusa la possibilità dell'alta definizione.

Oggi...

Oggi il sogno di portare a casa dell'utente la qualità video e audio, che fino a pochi anni fa era possibile apprezzare solo nelle sale cinematografiche, sta diventando una realtà.

Il progresso tecnologico rende disponibili tutti gli elementi necessari.

La capacità sui canali (satellite, terrestre, banda larga) è rapidamente cresciuta, con una conseguente riduzione del suo costo, mentre le capacità produttive, per realizzare contenuti interessanti e di qualità, non hanno avuto un trend altrettanto rapido.

I sistemi di compressione e trasmissione sono migliorati, eliminando i difetti presenti quando le tecnologie appena nate avevano dovuto sostituire le collaudate tecniche analogiche. Nel 2003 è stato definito un nuovo standard di codifica video MPEG-4 AVC (*Advanced Video Coding*) che, a fronte di una maggiore complessità della co-decodifica, può consentire, a parità di qualità dell'immagine e di banda occupata, il raddoppio del numero di programmi in definizione convenzionale.

Sono disponibili, a costi accessibili, gli schermi piatti, anche ad alta definizione, e, per facilitare la scelta da parte dei consumatori, l'industria europea dal gennaio 2005 ha introdotto il logo *HD-ready* per indicare quelli predisposti all'avvento della HDTV.

Dal 2004 alcuni programmi HDTV sono diffusi via satellite anche in Europa.

In Italia, a Torino...

Dal 10 al 26 febbraio 2006, il Piemonte sarà teatro dei XX Giochi Olimpici Invernali e questo evento è l'occasione per portare alla ribalta internazionale gli eventi sportivi e gli scenari piemontesi.

I giovani ricercatori di venti anni fa, primo fra tutti l'attuale Direttore del Centro Ricerche ing. Alberto Morello, si sono impegnati, insieme a coloro che nel frattempo hanno raccolto il testimone della ricerca, per rendere possibile un'altra "prima" mondiale.

La Rai ha raggiunto un accordo con il TOROC (*Torino Organising Committee XX Olympic Winter Games*) per consentire la diffusione per la prima volta di un evento di tale importanza, utilizzando le tecnologie più recenti nell'ambito della televisione. Gli eventi più significativi, comprese le cerimonie di apertura e chiusura, ripresi nel formato HDTV verranno diffusi utilizzando il DVB-T, cioè il digitale terrestre, sull'area torinese.

Nella sperimentazione degli anni '90 erano state attrezzate solo due sale visioni in Torino. In questo caso, grazie alla collaborazione di partner qualificati e noti a livello mondiale, saranno realizzate aree di visione e ascolto nei punti di transito (stazioni ed areoporto) e in alberghi che aderiranno all'iniziativa, mettendo a disposizione hall o sale conferenze.

Nel '90 gli apparati di ricezione erano contenuti in un *rack* alto come una persona, oggi il segnale HDTV, codificato con MPEG-4 AVC e con audio surround (5.1), è decodificabile con un set-top-box apposito, non ancora commercializzato, che ha dimensioni, peso e consumo analoghi ai set-top-box DVB attualmente in uso per la tv digitale da satellite o terrestre.

La visualizzazione avverrà su grandi schermi (plasma, LCD o a proiezione) comunemente disponibili in commercio, con l'unico vincolo di essere compatibili con il segnale HDTV.

E' quindi una "prima" tecnologica: la combinazione virtuosa di tre tecnologie all'avanguardia (HDTV, AVC e DVB-T), nell'ambito di un evento "mondiale" (le Olimpiadi Invernali).

La televisione del futuro offrirà immagini di limpidezza straordinaria su schermi panoramici, e gli spettatori, avvolti dalla magia del *surround sound*, si troveranno catapultati al centro dell'azione sportiva!

L'alta definizione, dopo vent'anni, è qui!!!

Quando gli schermi televisivi non erano piatti

Alla fine degli anni '80 era evidente che il tubo a raggi catodici, cioè l'evoluzione dell'iconoscopio ideato negli anni '30, doveva essere sostituito con una nuova tecnologia, in modo da realizzare schermi piatti, di peso e ingombro contenuti, con cui l'elevata qualità delle immagini ad alta definizione potesse essere apprezzata appieno.

La necessità era chiara non solo per applicazioni televisive, ma anche per l'industria informatica, delle telecomunicazioni, dell'aereonautica e dell'astronautica. Il Giappone appariva già allora il centro d'eccellenza per le tecnologie innovative dei display e quindi fu organizzata una visita delle industrie e enti appartenenti all'IRI, alle industrie giapponesi, per avviare eventuali progetti comuni. Il Giappone, in cambio, chiese la presenza di un esperto nella compressione del segnale video, considerando l'Italia leader in tale segmento tecnologico.

Fu così che mi ritrovai, nel febbraio 1990, a illustrare, in veste di esperto, le realizzazioni Rai nel campo

della codifica video e, in veste di uditore, ad acquisire conoscenze di prima mano sul futuro dei display.

Fra le numerose aziende visitate, una era particolarmente impegnata nello sviluppo della tecnologia dei cristalli liquidi e aveva realizzato il primo display LCD-TFT a colori da 14" due anni prima. Nel '95 la dimensione salì a 28" e oggi quella azienda, la Sharp, produce televisori HDTV da 45" e 65" (con 1920x1080 elementi d'immagine).

E' previsto che ad ottobre 2006 sarà operativo un impianto di produzione dell'ottava generazione, in grado di realizzare substrati in vetro di 2160 x 2400 mm. Le successive generazioni corrispondono, a partire dal 2000, ad un raddoppio delle dimensioni del substrato ogni anno e mezzo. Con l'ottava le dimensioni saranno ottime per la realizzazione di otto TV da 40" o sei TV da 50" per ciascun substrato. Qualità, tempo di risposta, resa colorimetrica, e costante riduzione dei costi, hanno garantito, generazione dopo generazione, ai pannelli LCD-TFT da 13" a 65", destinati ad applicazioni informatiche e televisive, una rapidissima penetrazione sul mercato: una previsione di vendita di 50 milioni di pannelli quest'anno e una capacità di 160 milioni nel 2006.

La qualità dell'immagine offerta dagli schermi al plasma è ottima. La dimostrazione di fattibilità della produzione di massa dei PDP (*Plasma Display Panel*) è del 1995, e la NHK sviluppò un display al plasma HDTV per le Olimpiadi Invernali di Nagano (1998). Questa tecnologia è evoluta fortemente negli ultimi anni: i costi si sono drasticamente abbassati, il tempo di dimezzamento della luminosità è ora 60000 ore, e la qualità dell'immagine è costantemente migliorata. La Panasonic, ad esempio, prevede di rendere operativo il suo terzo impianto produttivo in Giappone, per portare la sua capacità a 4,8 milioni di PDP annui nel 2006. Nel PDP, ad ogni elemento di immagine corrispondono tre piccole celle, una per ciascun colore primario, e non è facile diminuire indefinitamente le dimensioni di queste celle per cui attualmente il numero di triplette non supera 1366x768 con schermi da 50" e 60". Ma è previsto che un PDP da 50", con 1920x1080 elementi d'immagine, possa essere disponibile già dal prossimo anno.

Tornando alla visita in Giappone del 1990, una tecnologia, considerata promettente a quel tempo, era denominata FED (*Field Emission Display*), in pratica prevedeva la realizzazione di uno schermo costituito da una matrice di milioni di piccoli tubi a raggi catodici. Solo recentemente sono stati proposti display basati su una sua evoluzione, denominata SED (*Surface-conduction Electron-emitter Display*) che permette di avere caratteristiche eccezionali (ad. es. un rapporto di contrasto on/off di 100000), ma i primi prodotti commerciali, forse, saranno disponibili nel 2006, e a prezzi anch'essi inimmaginabili.

A quell'epoca non si parlò invece di retroproiettori a microspecchi, perché questa tecnologia non è stata sviluppata in Giappone, bensì in USA. La Texas Instruments avviò il progetto dei dispositivi DLP (*Digital Light Processing*) basati su milioni di microscopici specchi in alluminio nel 1991 ed il primo prodotto fu commercializzato nel 1996; nel settembre 2005 è stato annunciato il *chipset* per la realizzazione di proiettori frontali a piena definizione HDTV (1920x1080). I proiettori ed i retroproiettori (RPTV, *Retro Projection TV*) utilizzano, oltre alla tecnologia DLP, anche quella LCD. Nonostante l'inconveniente di presentare un maggiore ingombro, una profondità minima non inferiore ai 25 cm, gli RPTV hanno il vantaggio, rispetto ai pannelli LCD e PDP, che il loro costo cresce meno rapidamente con l'aumentare delle dimensioni dello schermo.

Forse la tecnologia più promettente per i futuri display HDTV è però quella OLED (*Organic Light Emitting Diode*) che già oggi è ampiamente utilizzata per display di piccole dimensioni (macchine fotografiche, telefoni cellulari). La tecnologia non è ancora completamente matura per assicurare qualità e durata sufficiente per schermi di grandi dimensioni, benché siano già stati presentati schermi a piena risoluzione HDTV (1920x1080), ad esempio uno da 21" della coreana Samsung.

I possibili vantaggi dei pannelli realizzati con questa tecnologia sono innumerevoli: bassi consumi, spessore minimo (anche inferiore al mm), dimensioni ridotte anche nel caso di HDTV a piena risoluzione e, infine, la possibilità di realizzare schermi curvabili o, addirittura, arrotolabili.

Il futuro potrebbe portare grandi schermi piatti, di dimensioni ridotte, e curvi.

M.B.

1991: *consegna a Marzio Barbero del Centro Ricerche Rai del "The Montreux Achievement Gold Medal" per il contributo alla trasmissione numerica della TV, includendo la HDTV, basata su tecniche DCT.*

Il sistema DVB-H per la TV Mobile

ing. Andrea **Bertella**,
ing. Paolo **Casagranda**,
ing. Davide **Milanesio**,
p.i. Mirto **Tabone**

Rai
Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica

Sommario
La tecnologia DVB-H (*Digital Video Broadcasting – Handheld*) permetterà la ricezione di immagini televisive su terminali portatili, utilizzando una rete broadcast, superando le problematiche, principalmente legate al costo della rete, insite nell'utilizzo di reti cellulari per la TV mobile. L'articolo descrive nei dettagli il sistema DVB-H, rivolto a terminali dotati di piccolo display e con funzionalità condivise con altre applicazioni, evidenziandone le peculiarità e i miglioramenti introdotti rispetto al DVB-T, in particolare in termini di protezione dei dati trasmessi e di durata della batteria. È inoltre riportata una panoramica sulle tipologie previste di terminali DVB-H e sullo stato di avanzamento della standardizzazione, anche grazie ai progetti di sperimentazione attualmente in corso, in cui il Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica della Rai è attivamente coinvolto.

1. Introduzione

Il rapidissimo sviluppo della telefonia mobile e dei sistemi diffusivi digitali ha dato impulso alla creazione di nuovi standard tecnologici che rendono possibile vedere programmi televisivi su apparati portatili in movimento: i luoghi in cui possiamo fruire di servizi televisivi non sono più limitati ai luoghi "tradizionali" in cui si trova il ricevitore, tipicamente in casa, ma si allargano, consentendo la visione delle immagini televisive ovunque l'utente si trovi.

Negli ultimi anni diverse tecnologie, con alterne fortune, si sono candidate per essere utilizzate per la trasmissione di immagini verso ricevitori portatili in movimento:

- GPRS (*General Packet Radio Service*): il bit rate disponibile varia all'incirca fra i 30 e i 50 kbps, che non garantiscono

una qualità accettabile anche su schermi di piccolissima dimensione (telefoni cellulari).

- UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*): il bit rate disponibile varia fra i 100 e i 300 kbps, che permette di ottenere una qualità buona o accettabile perlomeno su schermi di piccola dimensione. Più recentemente il consorzio 3GPP ha creato lo standard *Multimedia Broadcast/Multicast Services* (MBMS [1]), che però è ancora lontano dal mercato.
- DAB (*Digital Audio Broadcasting*): è stato ideato per le trasmissioni radiofoniche; il DMB (*Digital Multimedia Broadcasting*) permetterebbe di utilizzare canali DAB per il trasporto di segnali video, con prestazioni paragonabili a quelle del DVB-H sebbene con minore libertà di configurazione del servizio. In ogni caso questa tecnologia, a molti anni dalla sua nascita, non ha ancora avuto un grande successo di mercato.
- DVB-T (*Digital Video Broadcasting-Terrestrial*) [2]: è stato ideato per la ricezione fissa benché utilizzando le modulazioni più robuste è possibile ottenere la ricezione mobile.

Nota 1 - Attualmente lo standard 3GPP MBMS (*Multicast Broadcast Multimedia Services*) [1], ancora in fase di evoluzione, non è ancora utilizzato in servizi commerciali

Alcuni operatori GSM e UMTS stanno già proponendo servizi televisivi sul cellulare. Il problema consiste nel fatto che per veicolare programmi radiofonici e televisivi, le reti cellulari, in cui allo stato attuale lo stesso segnale deve essere replicato per il numero di utenti interessati, costano 10-100 volte di più delle reti broadcast ad elevata potenza e copertura. Il bit-rate richiesto è al momento all'incirca proporzionale al numero di richieste[Nota 1], poiché lo streaming si appoggia su un'architettura che è ancora punto-punto.

2. Lo standard DVB-H

Il DVB-H è il più recente protocollo definito dal consorzio Digital Video Broadcasting (DVB). Inizialmente nato come DVB-M (*Mobile*), successivamente rinominato DVB-X e quindi DVB-H (acronimo di *Digital Video Broadcasting to Handheld*, per sottolineare che si tratta di servizi rivolti non soltanto ad apparecchi installati in auto, ma più genericamente a terminali portatili "che stanno in una mano"), questo sistema si rivolge alla distribuzione di servizi multimediali a terminali mobili in modalità multicast e broadcast.

Il sistema DVB-H è stato sviluppato dal gruppo ad hoc TM-H del *Technical Module* DVB, e presieduto da Nokia. Attualmente con DVB-H si intende sia la parte propriamente trasmissiva della specifica sia l'architettura e i protocolli di *IP Datacast* in via di definizione da parte del gruppo TM-CBMS. Il protocollo DVB-H in realtà non è uno standard a sé stante, alternativo agli altri presentati in precedenza (DVB-S, DVB-C e DVB-T), ma è stato pensato come un'evoluzione del sistema DVB-T, con cui condivide la gamma di frequenze, aggiungendovi quelle funzionalità necessarie per garantire maggiore robustezza nella ricezione in movimento, un minor consumo delle batterie e una maggiore sinergia con il mondo Internet. È quindi stato garantito che, almeno per un certo numero di possibili configurazioni, sia possibile la coesistenza tra servizi DVB-T e DVB-H nello stesso canale a radiofrequenza.

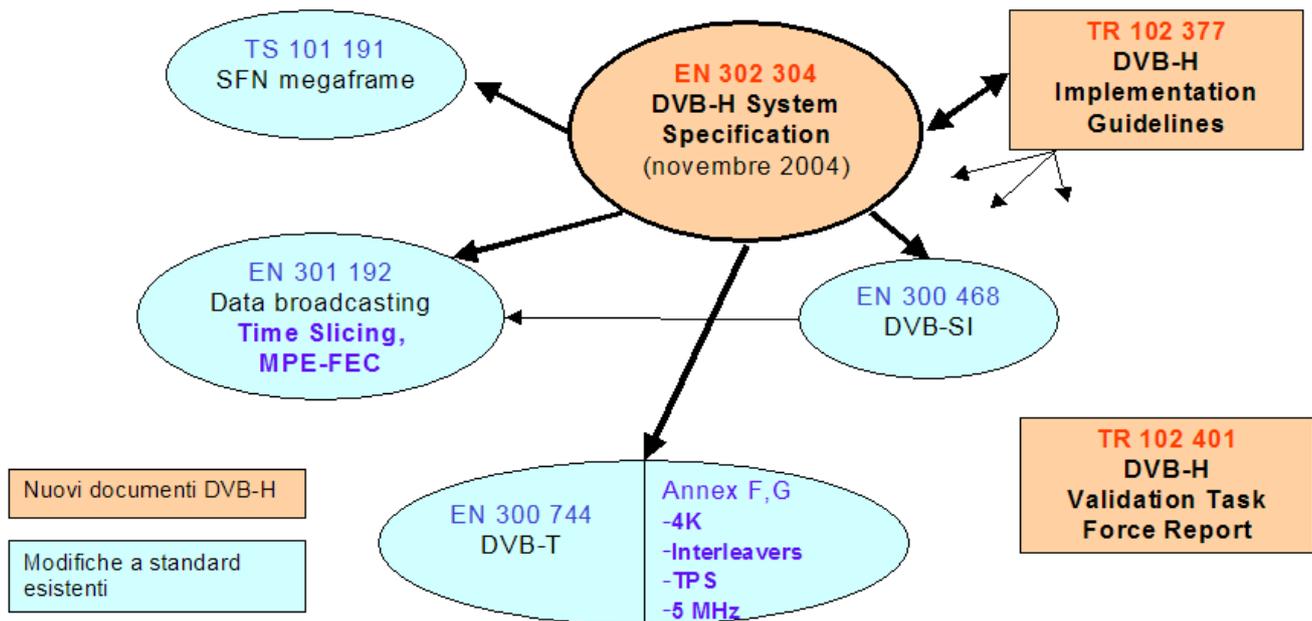



Fig. 1 - Lo standard DVB-H (senza la parte di IP Datacast)

Lo standard, approvato e pubblicato nel novembre 2004, è infatti costituito da un solo nuovo breve documento e dalla modifica di un certo numero di altri documenti DVB preesistenti (v. capitolo 5.1 e figura 1).

Lo standard includerà anche l'infrastruttura di *IP Datacast* (Guida Elettronica ai Servizi, Architettura, Protocolli di distribuzione dei contenuti, AL-FEC), che non è ancora del tutto ultimata. Infatti, DVB-H è caratterizzato dalla trasmissione di dati nello stesso formato utilizzato nella distribuzione di pacchetti dati tramite internet. Il protocollo IP applicato al DVB-H può essere utilizzato per il trasferimento, oltre che di video e audio, di *file*, pagine html, immagini, video clip. L'impiego del protocollo IP comporta un ulteriore vantaggio: permette al DVB-H di utilizzare tutta una serie di componenti e protocolli standard per l'elaborazione, l'immagazzinamento e la trasmissione dei dati.

Notiamo infine che sono state recentemente completate le "*Implementation Guidelines*" [4], ovvero le linee guida, rivolte ai costruttori di apparati e agli operatori di rete, per la realizzazione di servizi DVB-H: ha contribuito al loro completamento l'attività di sperimentazione attualmente in corso, che ha inoltre prodotto il documento relativo alle prestazioni del sistema ("*Validation Task Force Report*", [5]).

3. Terminali DVB-H

Il sistema DVB-H è stato progettato per funzionare con diverse classi di servizio: ricezione portatile con ricevitore fermo o a bassa velocità ("*pedestrian*"), ricezione portatile indoor, ricezione mobile con antenna esterna (es. in auto), ricezione indoor con terminali portatili in veicoli in movimento (es. treni, bus, …).

	Categoria	Bande di frequenza (Europa)	Note
1	Terminale integrato in auto	VHF III UHF IV, V	Ricezione mobile; Antenna esterna
2a / 2b	TV portatile / tascabile	VHF III UHF IV, V	Ricezione portatile indoor/outdoor; Antenna esterna
3	Terminale "handheld"	UHF IV, UHF V	Ricezione portatile indoor/outdoor; Antenna interna

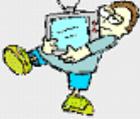



Fig. 2 - Categorie di terminali DVB-H

I terminali DVB-H possono essere classificati in una di queste tre categorie (figura 2):

1. Terminale integrato in auto, concettualmente simile alle attuali autoradio, ma dotato di uno schermo (destinato naturalmente ad essere utilizzato da parte dei passeggeri, oppure a veicolo fermo!). L'antenna è installata all'esterno della carrozzeria, e la ricezione in movimento è garantita fino alle alte velocità.
2. Televisore portatile o tascabile, dotato di antenna esterna o estraibile, adatto alla ricezione indoor o outdoor.
3. Terminale palmare (*handheld*), eventualmente integrato con altri sistemi (telefono cellulare GSM o UMTS, WiFi, Bluetooth, radio FM, ecc.), di piccole dimensioni e con antenna integrata, adatto alla ricezione portatile indoor o outdoor, ma di cui è previsto l'utilizzo anche in movimento, a bordo di veicoli (bus, treni, auto, ecc.).

L'utilizzo di ricevitori portatili richiede naturalmente schermi di dimensioni limitate. Di conseguenza, anche se lo standard non impone particolari limitazioni, il formato video sarà in genere CIF (*Common Intermediate Format*), con risoluzione 352x288 pixel, corrispondente a circa 1/4 della TV tradizionale, oppure anche QCIF (*Quarter* CIF), con risoluzione 176x144, corrispondente a circa 1/16 della TV tradizionale.

Dal punto di vista tecnico, per i costruttori di apparati, progettare terminali *handheld* pone delle problematiche anche per quanto riguarda la banda di frequenze utilizzate. Infatti, è molto difficile realizzare un'antenna integrata, di così piccole dimensioni, che sia anche a banda larga: per questa ragione la banda di frequenze coperta includerà tendenzialmente solo la UHF e non la VHF. Inoltre, se lo

stesso terminale funge anche da telefonino GSM a 900 MHz, per problemi di interferenze all'interno dell'apparecchio, occorre escludere le frequenze più alte della banda UHF: in questo caso, i canali utilizzabili per il DVB-H saranno limitati a quelli compresi tra il 21 e il 49 UHF (470 ÷ 698 MHz)[Nota 2].

Questa categoria di ricevitori DVB-H sarà basata su terminali del tipo di quelli, di alta gamma, già esistenti, detti anche *smartphone*, a metà strada tra un telefono cellulare e un palmare, come in figura 3.

Attuali terminali di questo tipo possono avere un peso inferiore a 200 g e dimensioni di circa 130x70x20 mm, ospitando un display LCD ad alta risoluzione, di 640x320 pixel e con 65000 colori. Il display è di tipo *touch screen*, con tastiera a video e/o riconoscimento della grafia. Oltre alle normali funzioni di chiamata telefonica, invio di SMS/MMS e rubrica, permettono anche l'accesso a *streaming video*, *clip* musicali (ad es. MP3), immagini (JPEG, BMP, GIF anche animate, ecc.).

Su questo terminale sono quindi già disponibili le funzionalità di base necessarie per fruire dei servizi *broadcast* (*streaming video*) ricevuti mediante DVB-H. Il modulo DVB-H progettato per questi terminali è stato quindi pensato per una facile integrazione nell'apparecchio: ad esempio, è inserito nel coperchio posteriore (decoder + antenna integrata).

La maggiore sfida di questo tipo di ricevitori DVB-H è legata alla durata delle batterie. Terminali di questo tipo dotati di una batteria da 1300 mAh, hanno autonomia dichiarata da 3 a 12 ore in conversazione e fino a 10 ÷ 14 giorni in stand-by; la sezione ricevente DVB-H comporta necessariamente un maggior assorbimento di corrente, anche se la tecnica del *Time Slicing* permette un risparmio fino al 90% sul consumo che sarebbe necessario per la ricezione DVB-T. Va poi tenuto presente il consumo del display, che resta costantemente acceso durante la visione di un programma televisivo.

Nota 2 - È allo studio presso il Gruppo TM-H la possibilità di estendere la banda utilizzabile fino al canale 55 UHF (ovvero 470 ÷ 750 MHz).

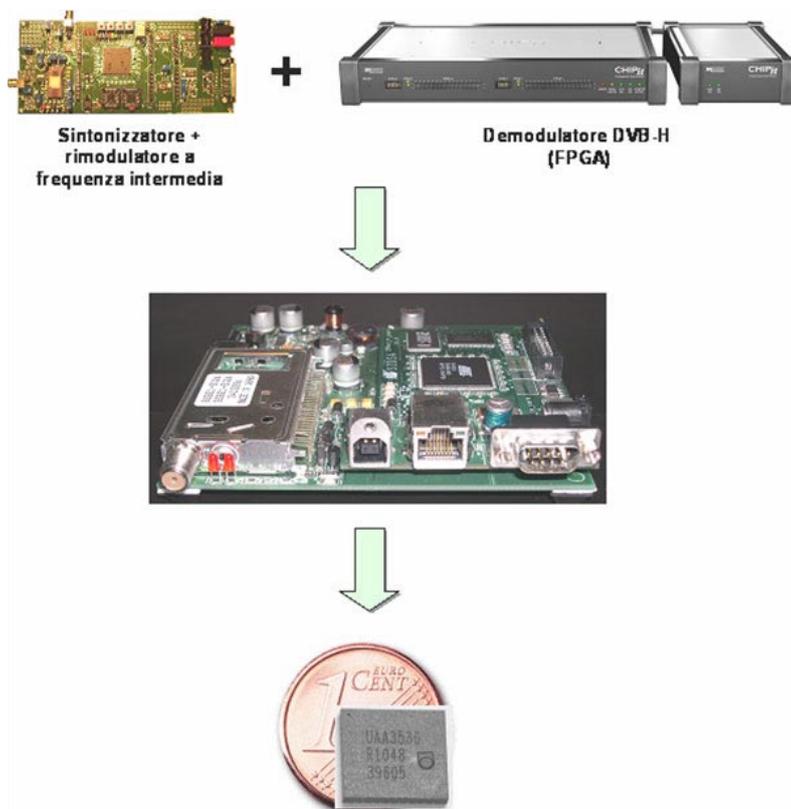
In alternativa a questi *smartphone* integrati, saranno disponibili ricevitori DVB-H da collegarsi ad un PC o ad un palmare/PDA (figure 4 e 5).

Fig. 3 - Terminale DVB-H *handheld*

Nel caso di un PC, il ricevitore può essere un modulo esterno, che si incarica della sintonizzazione del segnale e dell'estrazione dei dati IP incapsulati sul DVB e li rende disponibili sulla porta USB, mentre la decodifica DVB-H con la correzione degli eventuali errori (MPE-FEC) e la visualizzazione dei flussi video ricevuti (*streaming*) può essere effettuata via software dallo stesso PC.

Nel caso di terminali basati su PDA (*Personal Digital Assistant*), il modulo ricevitore DVB-H può essere realizzato su di una scheda *Compact-Flash*.

Fig. 4 - Terminali DVB-H basati su PDA

Fig. 5 - Evoluzione dei ricevitori DVB-H prototipali

La tendenza dei costruttori di apparati sarà comunque quella di produrre chip miniaturizzati, integrabili in ogni tipo di ricevitore, e dal consumo inferiore a 50 mW.

4. Il sistema DVB-H: dettagli tecnici

Gli "strumenti" aggiuntivi rispetto al DVB-T messi a disposizione dal DVB-H sono:

- *Time Slicing*: per ridurre il consumo delle batterie.
- *IP DataCast*: per aumentare la flessibilità nella trasmissione dei dati (audio, video e file).
- *MPE-FEC (Multi Protocol Encapsulation – Forward Error Correction)*: per aumentare la robustezza.
- *Modo 4k*: per aumentare la flessibilità del sistema in termini di pianificazione della rete di diffusione.
- *Interleaver esteso* (nei modi 2k e 4k): per avere una maggiore immunità dalle interferenze.
- *TPS-bit*: per inviare segnalazioni a livello fisico che identificano un flusso DVB-H.
- *Algoritmi di codifica video*: il DVB-H utilizza algoritmi di ultima generazione per aumentare l'efficienza della compressione video in particolare a bassi bit-rate.

MPE-FEC e *time-slicing* sono compatibili con lo standard DVB-T, permettendo ai ricevitori DVB-T tradizionali di interpretare correttamente il segnale, semplicemente ignorando la segnalazione DVB-H. Questo funzionamento va naturalmente a scapito di una perdita di efficienza trasmissiva, dell'ordine del 25%, variabile a seconda della configurazione DVB-H. Il modo 4k invece non può essere usato, se si vuole mantenere la compatibilità con il DVB-T.

Nella figura 6 è rappresentato lo schema a blocchi del sistema DVB-H. I blocchi evidenziati sono quelli che sono stati aggiunti al DVB-T. Gli altri sono comuni ai due standard.

4.1 Time Slicing

Cominciamo a vedere il funzionamento del *Time Slicing* (figura 7): i dati relativi ad un certo programma sono trasmessi a pacchetti in intervalli di tempo noti, durante i quali il ricevitore, sintonizzato su quel dato programma, sarà attivo. Negli altri intervalli di tempo, in cui sono trasmessi altri programmi, il ricevitore è spento permettendo un risparmio di batteria che può arrivare fino al 95% rispetto ad un convenzionale ricevitore DVB-T. L'attivazione del ricevitore è pilotata dall'indicazione del tempo che manca all'inizio del prossimo *burst* (Δt). La seguente figura illustra il comportamento di un ricevitore DVB-H (sintonizzato sul Programma 1).

L'utente naturalmente non si accorge di questa trasmissione a pacchetti in quanto il ricevitore memorizza i dati giunti ad un bit rate molto elevato e li rilascia ad una velocità pari al bit rate medio visualizzando così l'immagine in modo continuativo.

Il *Time Slicing* può essere implementato sia a livello MPE (Δt viene trasmesso all'interno delle sezioni MPE) che a livello di *Transport Stream*. Per permettere l'introduzione del codice correttore di errore MPE-FEC il Time Slicing è implementato a livello MPE. Questa soluzione presenta il

Fig. 6 - Schema a blocchi del sistema DVB-H

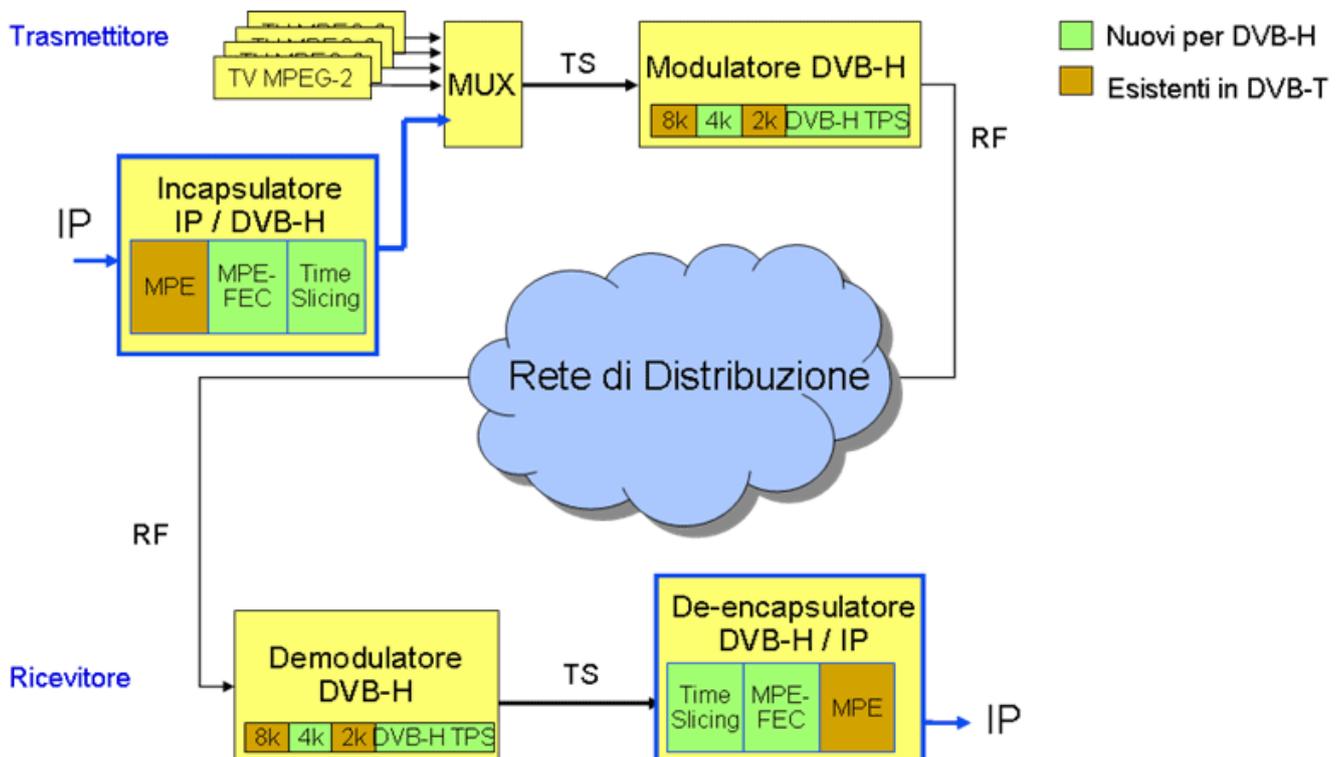
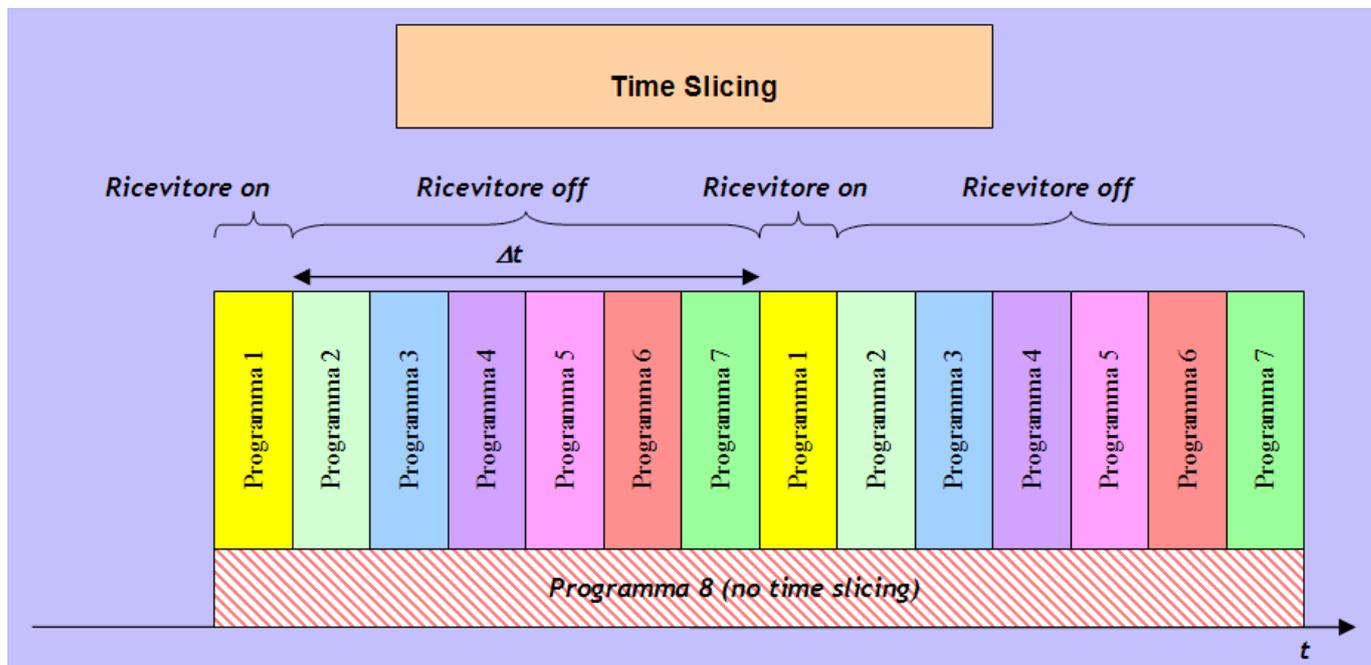
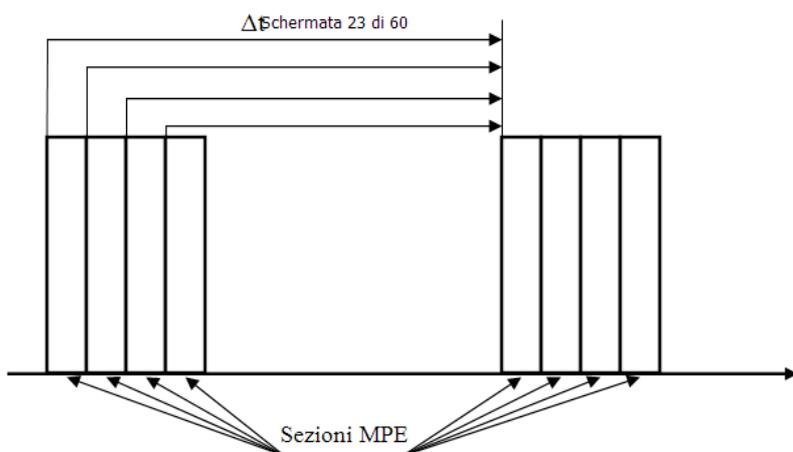



Fig. 7 - Time-slicing.

Fig. 8 - Il metodo Δt.

vantaggio di essere semplice ed economica visto che tutte queste funzioni possono essere svolte da un unico apparato (IP *encapsulator*)

Il Δt, come si vede in figura 8, serve per indicare il tempo che intercorre fra due burst successivi. L'idea base è quella di segnalare il tempo fra l'inizio della sezione MPE attualmente ricevuta e l'inizio del burst successivo.

La trasmissione del Δt nella sezione MPE elimina la necessità di sincronizzare i clock fra trasmettitore e ricevitore. Questa flessibilità è resa possibile grazie al fatto che i parametri del *Time Slicing* possono variare liberamente fra i burst all'interno

dell'elementary stream. Il ricevitore deve solamente garantire l'accuratezza del clock durante il tempo di off visto che ad ogni burst il clock verrà fatto ripartire.

Le informazioni relative al Time Slicing vengono inserite nella sezione header di MPE ove è allocato un campo di 6 byte per l'indirizzo MAC; dato che la lunghezza dell'indirizzo MAC è di un byte, rimangono liberi cinque byte che si possono usare per altri scopi come ad esempio per il trasporto dei parametri di Time Slicing. La trasmissione di questi cinque byte è obbligatoria indipendentemente dal fatto che vengano usati o meno.

Può succedere che in cattive condizioni di ricezione si perdano parti di un burst. Per evitare che il ricevitore rimanga in stato di attesa a causa della perdita del Δt, questa informazione viene inserita nell'header di ogni sezione MPE: in questo modo basta ricevere una sezione MPE per poter conoscere il Δt e risparmiare potenza anche in condizioni pessime di ricezione.

I parametri di un burst (figura 9) sono:

- *Burst size* (bit), è la dimensione in bit del burst. Essa non può superare la memoria del ricevitore che deve essere in grado di contenere il burst e rilasciarlo nel periodo di off.
- *Burst bandwidth* (bit/s), è il bit-rate istantaneo usato da uno stream elementare "Time Sliced" mentre trasmette un burst.
- *Constant Bandwidth* (bit/s), è la bit rate medio richiesto dall'elementary stream quando non è in Time slicing.
- *Burst Duration* (s), tempo che intercorre fra l'inizio e la fine del burst.
- *Off-time* (s), è il tempo che intercorre tra l'arrivo di due burst successivi.
- *Maximum Burst Duration* (s), è la massima durata del Burst. Deve essere trasmessa per ogni Elementary Stream in Time Slicing. Sia T1 il tempo indicato da Δt e sia T2 = T1+ Maximum Burst Duration, allora un burst non potrà iniziare prima di T1 e non potrà finire dopo T2. In cattive condizioni di ricezione, un ricevitore può usare questa informazione per conoscere la fine di un burst.

Il Time slicing è opzionale per ogni singolo flusso dati (programma) ed è così possibile avere bouquet di programmi "misti".

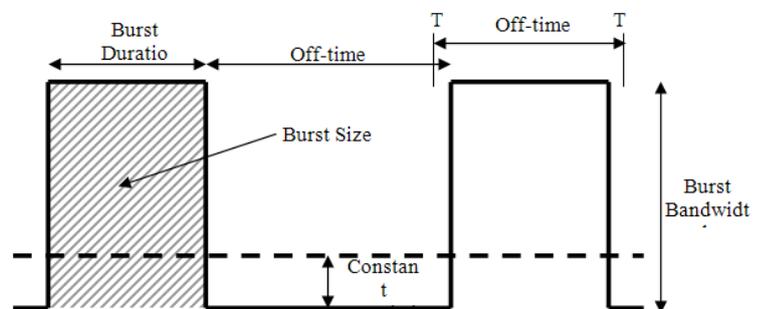



Fig. 9 - I parametri del burst.

Il risparmio di potenza dovuto all'utilizzo del Time Slicing, come si vede in figura 10, è funzione del bit rate di picco (*Burst Bandwidth*) e del bit rate medio (*Constant Bandwidth*): tanto più è alto il rapporto fra il valore di picco e il valore medio quanto più grande sarà la durata delle batterie.

Un ulteriore vantaggio del *Time Slicing* è legato alla possibilità di monitorare le "celle" adiacenti durante il periodo di inattività del ricevitore. In questo modo il terminale che si trovasse a passare fra due celle potrà commutare da una all'altra senza fastidiose interruzioni. Questa modalità è chiamata *soft handover* (figura 11).

Effetto del Time Slicing sul risparmio della potenza consumata

Potenza risparmiata

Bit rate burst

Service Bit Rate=100kbps
Service Bit Rate=350kbps
Service Bit Rate=1Mbps

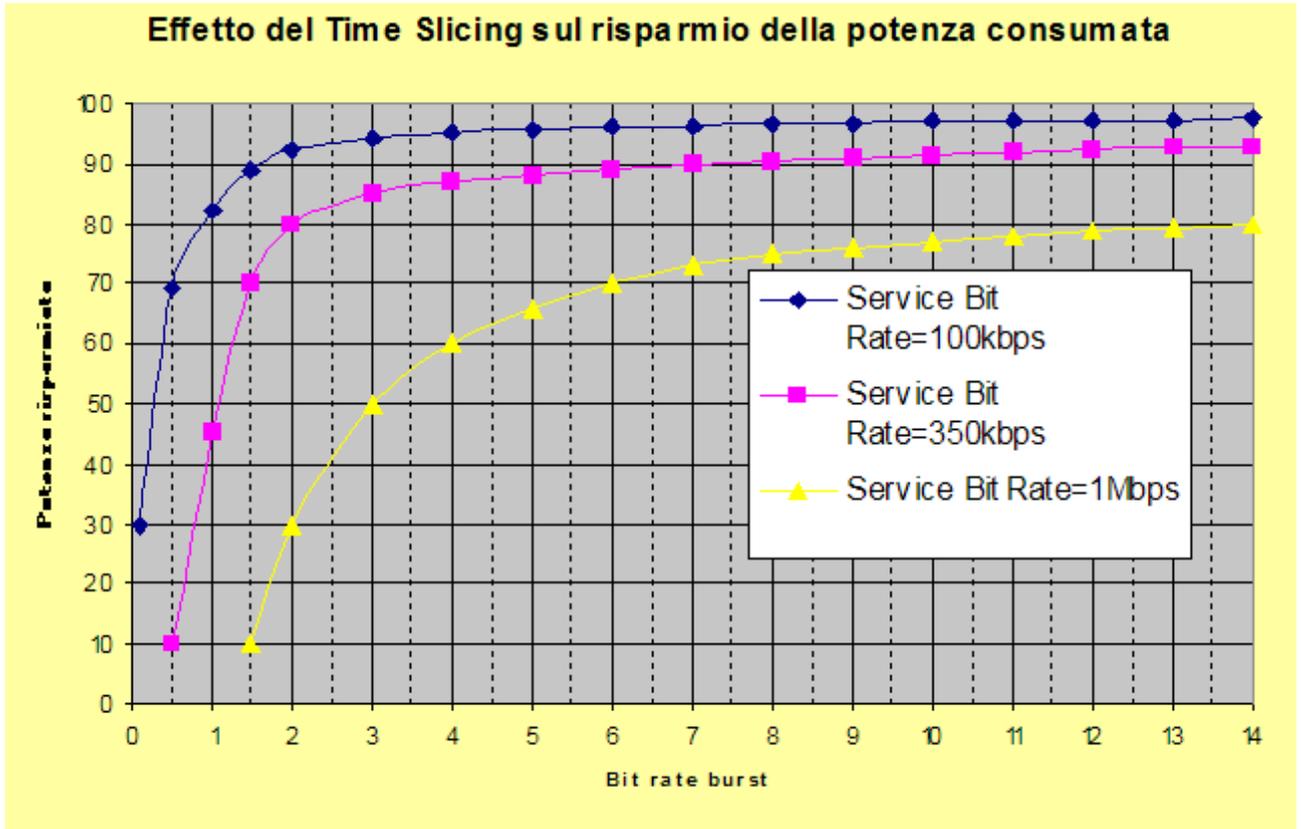
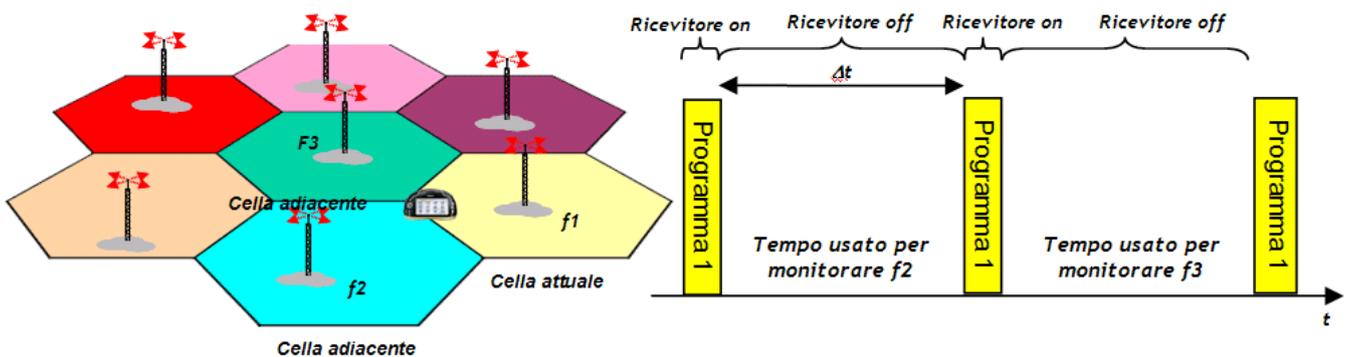



Fig. 10 - Effetto del Time-Slicing sul risparmio della potenza consumatata.

Fig. 11 - Soft-handover nel DVB-H.

4.2 IP DataCast

DVB-H è il primo protocollo di *broadcasting* caratterizzato pienamente dall'utilizzo di IP per il trasporto di dati: vedremo nel seguito che questa caratteristica, ben lontana dall'essere un mero espediente tecnico, abilita di fatto la sinergia di servizi diffusivi, servizi cellulari/mobili e tecnologie del mondo Internet. In realtà l'impiego di IP per il trasporto dati era un'opzione da tempo presente nei profili di databroadcasting del DVB (profilo *Multi-Protocol Encapsulation*, vedi [6]), la diversità sta nella sua funzione: da semplice vettore di dati, in DVB-H IP è diventato anche il protocollo di trasporto standard di audio, video e metadati.

Il protocollo DVB-H è nato grazie al contributo di costruttori di apparati, broadcaster, centri di ricerca e operatori telefonici, all'interno di gruppi internazionali di standardizzazione come il DVB TM-H e TM-CBMS. La collaborazione di tutti questi soggetti per la creazione di uno standard che permettesse la sinergia dei mondi televisivo e delle telecomunicazioni era iniziata diversi anni prima, con progetti europei di ricerca della IST (*Information Society Technologies*) quali ad esempio l'IST CISMUNDUS (*Convergence of IP-based Services for Mobile Users and Networks in DVB-T and UMTS Systems*, 2001) e OverDRiVE (*Spectrum Efficient Uni- and Multicast Over Dynamic Radio Networks in Vehicular Environments*, 2002) [8]. La caratteristica comune è stata l'individuazione di IP (IPv4 o il recente IPv6 [7], [9]) quale protocollo comune per il trasporto di audio, video e dati. In realtà la possibilità di trasportare dati su protocolli DVB era prevista già da diversi anni con i profili di *Multi-Protocol Encapsulation* (MPE), che permettevano l'inserimento opzionale di pacchetti IP nel *Transport Stream* DVB [6]. Questa scelta è stata adottata in DVB-H, rendendo molto più immediata la sinergia tra il mondo di Internet e della connettività bidirezionale e il mondo *broadcast*.

IP *Datacast* su DVB-H è definito dal consorzio DVB come un sistema diffusivo *end-to-end* per la distribuzione di contenuti digitali e servizi utilizzando meccanismi basati su IP, e ottimizzato per terminali con limitazioni sia sulla potenza di calcolo sia di durata delle batterie; una parte essenziale di IP Datacast è la possibile sinergia con un canale bidirezionale mobile. In questo modo IP Datacast è una piattaforma che può rendere possibile e facilitare la sinergia di servizi tra i mondi broadcast e delle telecomunicazioni.

La mancanza di un protocollo standard per il trasporto di file su IP senza canale di ritorno è stata superata alla fine del 2004, quando il protocollo FLUTE [10] è diventato uno standard sperimentale IETF ed è stato scelto subito dopo dal gruppo TM-CBMS, nell'ambito della *Call for Technologies IP Datacast*, per essere utilizzato con DVB. La figura 12 illustra il principio del protocollo FLUTE nello spedire un file:

Fig. 12 - Principio del protocollo FLUTE.

Fig. 13 - Schema dei protocolli utilizzati per il trasporto in DVB-H.

FLUTE permette di aggiungere un codice di protezione (*Forward Error Correction*, FEC) ai pacchetti UDP, in modo tale da aumentare l'affidabilità della trasmissione. Il codice può infatti ricostruire alcuni pacchetti non ricevuti utilizzando l'informazione ridondante introdotta durante la trasmissione. L'utilizzo del FEC a livello applicazione di FLUTE (AL-FEC) non è al momento obbligatorio, dal momento che l'affidabilità della ricezione è in parte aumentata dall'MPE-FEC incluso in DVB-H.

Al contrario dei protocolli normalmente utilizzati su Internet (e basati su TCP), FLUTE non richiede la presenza di un canale di ritorno, rendendo possibile il trasferimento di file sul canale broadcast.

Il trasporto di dati sul protocollo DVB-H utilizza quindi FLUTE (figura 13). Oltre ai file (applicazioni, immagini, video clip, pagine HTML), FLUTE trasporta anche le informazioni sui servizi, cioè la *Electronic Service Guide* (ESG).

Nota 3 - La ESG è attualmente nelle fasi conclusive di standardizzazione da parte del gruppo DVB TM-CBMS.

La ESG è nata come strumento per consentire all'utente di acquisire informazioni sui contenuti disponibili sulla rete DVB-H, e si presenta come uno strumento analogo alla *Electronic Program Guide* già utilizzata da alcuni protocolli DVB.

È da sottolineare che, mentre i ricevitori DVB-T, generalmente utilizzati in casa, richiedono che la scansione dei canali venga effettuata soltanto in fase di installazione, la mobilità del terminale DVB-H implica che la segnalazione dei programmi e la ricerca dei canali su nuove frequenze venga effettuata in modo più agile, se possibile senza intervento diretto dell'utente.

A differenza della EPG, la ESG è trasportata su IP da FLUTE e utilizza una specializzazione del formato XML per descrivere i suoi contenuti, e contiene tra le altre le seguenti informazioni:

- presenza di un canale TV Mobile (es. Rai Tre)
- presenza di opzioni multiple su un canale TV (es. linguaggi)
- segnalazione di nuovi servizi disponibili (video, audio, file)
- informazioni sulla possibilità di sottoscrivere servizi a pagamento (ad es. l'abbonamento ad un insieme di canali per un mese)

La ESG viene divisa in *frammenti* che vengono eventualmente raggruppati per la trasmissione, per rendere più veloce l'accesso dell'utente alle informazioni di interesse. La specifica della ESG diventerà presto standard ETSI[Nota 3].

Si veda infine uno schema dei protocolli utilizzati per il trasporto in DVB-H nella figura seguente. Si vede che la stessa pila protocollare può essere utilizzata

dallo standard 3GPP MBMS (*Multimedia Broadcast-Multicast Services*).

Come si vede, i protocolli e le tecnologie connesse ad IP Datacast aprono grandi opportunità per lo sviluppo di servizi a valore aggiunto; per questo motivo la maggior parte del lavoro di ricerca e innovazione nell'ambito DVB-H riguarderà nei prossimi mesi proprio la parte IP. La vicinanza ai protocolli Internet permetterà di riutilizzare facilmente tecnologie già sperimentate in quell'ambito.

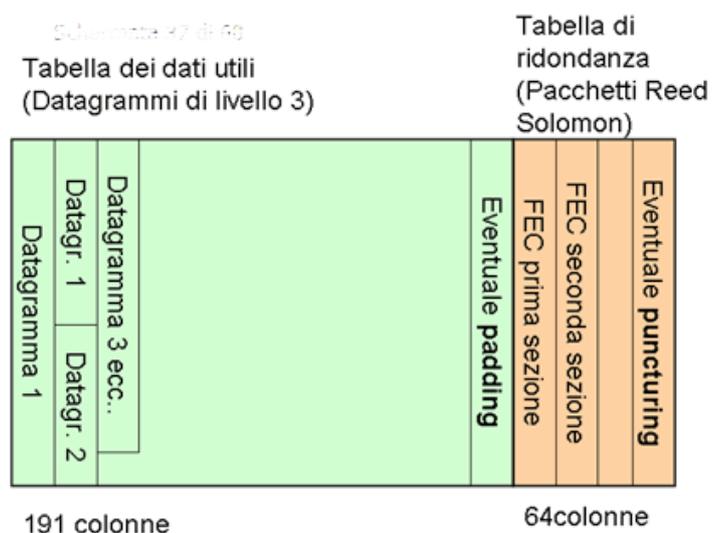
4.3 MPE-FEC

L'MPE-FEC, definito in [6], è un codice correttore di errori a livello di protocollo IP che viene aggiunto a quelli già presenti nello standard DVB-T allo scopo di migliorare la ricezione quando il rapporto segnale/rumore C/N al ricevitore sia basso. Si noti che l'utilizzo di MPE-FEC è opzionale, cioè, la mancata implementazione della sua specifica nei terminali non pregiudica la possibilità di ricevere i dati correttamente (i pacchetti dati sono separati dai pacchetti di ridondanza con il FEC). Nelle situazioni in cui ci sia un'elevata perdita di pacchetti, possono essere introdotti pacchetti di ridondanza che permettono attraverso un algoritmo di interleaving e di protezione basato sul codice Reed Solomon, indicato tecnicamente dalla tripletta (255, 191, 64) che indica che su 255 byte totali, 191 saranno costituiti da dati utili e 64 da byte di parità. DVB-H prevede diversi livelli di protezione: quanto più essi sono efficaci in termini di protezione ai disturbi tanto più basso sarà il bit rate utile e di conseguenza il numero di programmi trasmissibili.

La figura 14 schematizza la tabella che viene utilizzata per la creazione del MPE-FEC.

Come si vede, per creare i byte di ridondanza Reed Solomon, i pacchetti di dati (UDP) vengono disposti lungo le colonne della tabella, uno di seguito all'altro. Se tutte le colonne di dati e tutte le colonne di FEC vengono riempite, si ottiene una ridondanza del 25% circa (con un *code rate* di ¾). Se al posto delle ultime colonne di dati vengono inseriti dei byte fittizi (padding) si ottiene praticamente un aumento della ridondanza (in quanto il padding non viene spedito e il codice di correzione lavora quindi su un numero minore di dati). Ad esempio, inserendo 127 colonne di padding, otteniamo un code rate di ½. Se le ultime colonne di FEC non vengono utilizzate (puncturing) la ridondanza quindi diminuisce. È utile notare che la tabella descritta ha un numero massimo di 1024 righe, il ché limita la grandezza massima della tabella di MPE-FEC a 2 Mbit circa; questo di fatto limita anche la quantità di dati totale presente in un burst trasmesso in *time-slicing* a circa 195kbyte.

Il sistema è stato studiato in modo tale da essere compatibile con i ricevitori privi

Fig. 14 - Tabella utilizzata per la creazione del MPE-FEC

di MPE-FEC: in questo caso le sezioni contenenti il codice correttore vengono ignorate.

Le prove di laboratorio effettuate presso il Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica Rai e le prove su campo condotte nell'area di Torino hanno dimostrato che le prestazioni dei terminali DVB-H in termini di robustezza in ricezione mobile e in presenza di rumore impulsivo, grazie all'MPE-FEC, sono nettamente migliori rispetto alla ricezione con terminali DVB-T.

4.4 Modo 4k

Gli standard DVB-T e DVB-H utilizzano entrambi la modulazione multiportante OFDM [11] che permette di ottenere delle ottime prestazioni sul canale terrestre, caratterizzato dalla presenza di cammini multipli (i cosiddetti echi) [12]. Rispetto al DVB-T che può utilizzare solo le modalità 2k e 8k, lo standard DVB-H aggiunge la modalità 4k, ovvero vengono impiegate 4096 portanti (3409 portanti attive) per il trasporto del segnale. Tale modalità apporta una maggiore flessibilità nel progetto della rete, in quanto è ottenuta da un compromesso tra le prestazioni della ricezione mobile e le dimensioni della rete SFN. La modalità 4k è compatibile con l'infrastruttura DVB-T, e richiede solo piccoli cambiamenti nel modulatore e nel demodulatore. Nel sistema DVB-T la modalità 2k ha ottime prestazioni in ricezione mobile (maggiore resistenza all'effetto Doppler). Per quanto riguarda l'efficienza spettrale le migliori prestazioni si hanno con la modalità 8k, mentre la 2k è adatta solo a reti SFN di piccole dimensioni a causa della sua breve durata di simbolo.Il modo 4k è adatta a SFN di medie dimensioni e raggiunge una buona robustezza nei confronti dell'effetto Doppler a velocità medio-alte.

La modalità 4k, il cui costo in termini implementativi nel modulatore e nel ricevitore è molto ridotto, permette quindi di raggiungere prestazioni di ricezione mobile sufficienti per l'uso del DVB-H ottenendo un buon compromesso tra l'efficienza spettrale e la mobilità degli utenti.

4.5 Interleaving esteso

La modalità di trasmissione 8k è la più robusta al rumore impulsivo in quanto ha una durata di simbolo più lunga: ciò permette al demodulatore di disperdere la potenza del rumore impulsivo sulle 8192 sottoportanti. Nelle altre due modalità invece la potenza del rumore è distribuita solo su 4096 o su 2098 portanti; la potenza del rumore per sottoportante perciò, rispetto al modo 8k, è duplicata per il modo 4k e quadruplicata per il 2k.

Si può pensare quindi di usare un symbol interleaver più lungo per le modalità 2k e 4k in modo da disperdere i bit di un simbolo.

L'uso di un interleaver 8k anche per le modalità 2k e 4k aiuta a disperdere la potenza del rumore lungo 2 simboli (per la 4k) e 4 simboli (per la 2k). Questo metodo di interleaving esteso permette alle modalità 2k e 4k di avere una immunità dal rumore impulsivo paragonabile a quella del modo 8k.

4.6 TPS bit

Le portanti TPS (*Transmission Parameter Signalling*) sono specificate nello standard DVB-T e trasportano l'informazione relativa allo schema di modulazione utilizzato nella trasmissione.

La trasmissione dei bit TPS, che avviene con uno schema di modulazione molto robusto ed è quindi ricevibile con valori

di C/N molto bassi, rende più veloce il sistema di demodulazione, in quanto è più facile demodulare l'informazione trasportata nelle portanti TPS piuttosto che nelle Service Information (SI) o nel MPE-header. Attualmente sono rimasti liberi solo 6 bit TPS ed il DVB-H non può ovviamente usarli tutti. Lo standard DVB-H si è riservato l'utilizzo dei primi 4 bit:

- S48: quando settato, indica la presenza del DVB-H;
- S49: quando settato, indica la presenza del Time Slicing in almeno uno stream elementare sul Transport Stream ;
- S50: quando settato, indica la presenza del Forward Error Correction, in almeno uno stream elementare sul Transport Stream;
- S51: destinato per usi futuri del DVB-H.

Per segnalare l'utilizzo del modo 4k si possono utilizzare i bit S38 e S39 delle TPS in quanto solo 2 delle 4 possibili combinazioni di bit sono attualmente utilizzate per segnalare le modalità 2k e 8k.

Per quanto riguarda la segnalazione dell'utilizzo dell'interleaver esteso si possono utilizzare alcune combinazioni non utilizzate dei bit S27, S28 e S29 impiegate nel DVB-T per la segnalazione del modo gerarchico. Per ulteriori dettagli si rimanda a [3].

4.7 Algoritmi di codifica video

Per ora non ci sono vincoli di specifica sui formati audio/video che il ricevitore DVB-H dovrà essere in grado di decodificare. Nei prossimi mesi però verrà emesso un documento che indicherà quali saranno i formati implementati obbligatoriamente. Probabilmente MPEG-4 Parte 10/H.264 sarà un formato raccomandato. Lo standard VC1 proposto da Microsoft potrebbe essere un'altra opzione. Un formato audio probabilmente richiesto sarà AAC, con l'opzione di AMR-WB.

La maggior parte degli algoritmi sopra menzionati sono caratterizzati da un'efficienza di codifica superiore a quella ottenibile con MPEG-2 che è lo standard attualmente previsto ed utilizzato per la trasmissione della televisione a definizione convenzionale e di quella in alta definizione. In particolare, lo standard più promettente è MPEG-4 Parte 10/H.264 che consente all'incirca di dimezzare il bit-rate rispetto a MPEG-2 mantenendo inalterata la qualità finale percepita dall'utente.

Poiché i display dei terminali DVB-H saranno molto simili a quelli dei telefoni cellulari o dei computer palmari, il bit-rate necessario a garantire all'utente finale una qualità più che accettabile si aggirerà tra i 128kbps e i 384 kbps, a seconda della risoluzione utilizzata in trasmissione.

5. Utilizzo di un segnale DVB-H in una rete DVB-T

Le caratteristiche dello standard DVB-H, come visto analizzando gli aspetti tecnici di questa nuova tecnologia, solo tali da permettere diverse configurazioni di rete offrendo quindi al broadcaster la possibilità di scegliere quella che più gli si addice.

Si è infatti visto che il DVB-H aggiunge una serie di "novità" rispetto al DVB-T ma rimane completamente compatibile rispetto ad esso ed è quindi possibile avere delle reti "miste" DVB-T – DVB-H con evidenti vantaggi in termini di costi di implementazione.

La rete DVB-T è normalmente progettata per la ricezione fissa (quindi con un'antenna direttiva posta sul tetto) mentre una rete

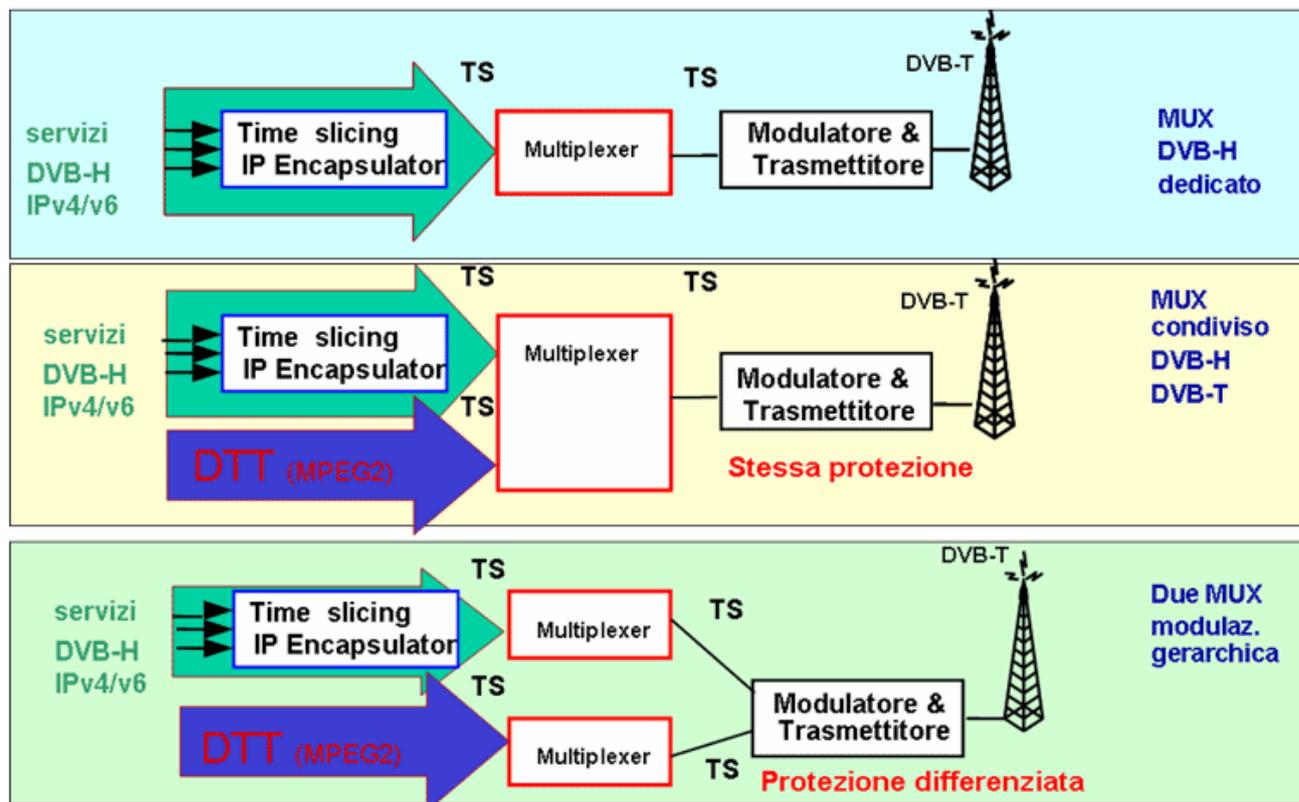
DVB-H è prevalentemente orientata alla ricezione portatile sia all'esterno che all'interno degli edifici con terminali di ridotte dimensioni dotati di una piccola antenna (magari interna come spesso succede nei telefoni cellulari).

Per rendere possibile una ricezione di questo tipo si deve garantire una maggior potenza in trasmissione oppure utilizzare una modulazione più robusta. In quest'ultimo caso il ricevitore funzionerà correttamente anche con livelli di segnale più debole ma il bit rate trasmissibile e quindi il numero di programmi sarà ovviamente più basso.

I possibili scenari di rete sono i seguenti (figura 15):

- Rete DVB-H dedicata
- Rete mista DVB-T / DVB-H.
- Rete mista DVB-T / DVB-H utilizzando la modalità di trasmissione gerarchica.

Il primo caso, rete mista DVB-T / DVB-H, ha l'indubbio vantaggio di riutilizzare l'esistente rete DVB-T dedicando una porzione della capacità ai programmi DVB-H. L'inconveniente però è, come accennato in precedenza, che la rete DVB-T è normalmente pianificata per la ricezione fissa. Per ovviare a questo inconveniente, senza modificare gli impianti di trasmissione, è necessario utilizzare una modulazione più robusta riducendo il numero di programmi trasmessi sul digitale terrestre.

Fig. 15 - Possibili scenari per le reti DVB-H.

Un'ipotesi ragionevole (figura 16) prevede la trasmissione di 2-3 programmi DVB-T (quindi codificati in MPEG2) e una decina di programmi DVB-H (utilizzando ad esempio la codifica H264).

DVB-T+
DVB-H
16QAM 2/3, Tg=1/32, modo 8k
2-3 DVB-T prog. (12 Mbps)
8-10 DVB-H prog. (4Mbps)

Fig. 16 - Possibile configurazione nel caso di rete mista DVB-T / DVB-H

Un'altra possibilità (figura 17) per realizzare una rete mista DVB-T / DVB-H prevede l'utilizzo dei modi gerarchici definiti già nello standard DVB-T ma utilizzati, fino ad ora, assai raramente. Questa modalità prevede la separazione dei due flussi in blocchi aventi priorità differente: il blocco ad alta priorità, ricevibile con bassi livelli di segnale, sarà occupato dal DVB-H mentre quello a bassa priorità, ricevibile nella maggior parte dei casi solo con antenna direttiva sul tetto, sarà invece riservato al DVB-T .

DVB-T+
DVB-H
Gerarchico
64QAM 2/3, hier. Tg=1/32, FFT 8k
Bassa priorità: 4 TV prog. DVB-T (18 Mbps)
Alta priorità: 12-15 prog. DVB-H (6Mbps)

Fig. 17 - Possibile configurazione nel caso di rete gerarchica

Utilizzando i modi gerarchici è possibile trasmettere fino a 4 programmi DVB-T in bassa priorità e dedicare una porzione della capacità sufficiente a trasmettere 12-15 programmi DVB-H ad alta priorità.

QPSK 2/3, Tg=1/32, modo 4k
16-20 DVB-H prog. (8 Mbps)

Fig. 18 - Possibile configurazione nel caso di rete DVB-H dedicata

Un'ultima possibilità (figura 18) è quella di creare una rete totalmente dedicata al DVB-H. Questa soluzione ha certamente lo svantaggio di essere molto costosa e di richiedere tempi più lunghi per la messa in servizio in quanto prevede l'implementazione di una nuova rete. D'altra parte in questo modo è possibile progettare la rete in modo specifico per le esigenze di ricezione del DVB-H e di sfruttare anche il modo 4k, non compatibile con le reti DVB-T, che permette di migliorare le prestazioni in ricezione mobile di un fattore due rispetto al modo 2k e di aumentare la flessibilità del sistema in termini di pianificazione della rete di diffusione.

Utilizzando una rete specifica per il DVB-H e impiegando una modulazione in grado di garantire una robustezza molto elevata è possibile trasmettere fino a 16-20 programmi DVB-H.

Vediamo ora quali sono i principali blocchi che costituiscono una generica rete DVB-H. I contributi video e audio che costituiscono i programmi DVB-H da trasmettere vengono codificati tramite appositi *Encoder*.

I dati codificati vengono inviati all'*IP Encapsulator* che si occupa della trasformazione dei dati secondo lo standard utilizzato per la trasmissione dei pacchetti internet (pro-

tocollo IP). A questo livello l'operatore di rete può decidere se inserire e con quali parametri il *Time Slicing* e l'*MPE-FEC*.

Un sistema di IP Datacast comprende anche una parte atta a generare la ESG. La trasmissione dei pacchetti contenenti la ESG viene quindi programmata e l'*IP Encapsulator* si occupa di inserirla nel bouquet DVB-H insieme agli altri pacchetti dati.

Nel caso in cui si stia realizzando una rete solo DVB-H l'uscita dell'*IP Encapsulator* viene inviata direttamente al centro trasmittente mediante la rete di distribuzione (ponti radio, fibre ottiche ecc.) da dove verrà irradiato sul territorio.

Nell'ipotesi che si desideri realizzare una rete mista DVB-T/DVB-H l'uscita dell'*IP Encapsulator* viene inviata ad un *Multiplexer*. Tale apparato riceve anche gli ingressi provenienti dagli *Encoder MPEG2* utilizzati per la codifica dei programmi DVB-T. Partendo da questi ingressi il *Multiplexer* genera in uscita un flusso dati (Transport Stream) che contiene i contributi DVB-T e DVB-H e le informazioni di servizio necessarie alla ricezione. Il Transport Stream è inviato al centro trasmittente con le stesse modalità viste in precedenza.

6. Stato di avanzamento della standardizzazione

Al momento della creazione di questo articolo (Novembre 2005), il gruppo DVB TM-CBMS stava ultimando le specifiche di molti aspetti dell'IP Datacast. In particolare la Electronic Service Guide, i protocolli di distribuzione dei contenuti (Content Delivery Protocols, CDP), l'architettura generale del sistema (alcuni documenti preliminari inviati all'ETSI per la standardizzazione sono stati pubblicati dal gruppo DVB, si veda tra i più significativi [14] e [15]).

Per la parte CDP, un argomento analizzato e vivacemente discusso è il FEC a livello applicazione (AL-FEC). Come è già stato descritto, DVB-H migliora l'affidabilità della ricezione ricostruendo alcuni pacchetti UDP (la capacità di correzione è opzionale come anche il numero di pacchetti che si possono ricostruire, e dipende dal livello di ridondanza introdotta in trasmissione, confronta [3]). AL-FEC aggiunge ulteriore ridondanza a livello applicazione, nel caso di trasferimento di file. Utilizzando, ad esempio, protocolli che lavorano su blocchi di dati molto grandi (LDPC, Low-Density Parity-Check Codes), è possibile garantire la ricezione di un video-clip o di un'applicazione anche se molti pacchetti trasmessi sono andati persi. L'utilità di simili tecniche non è generale e dipende molto dalle condizioni al contorno (copertura dell'area, movimento del terminale…).

Sono invece state create due diverse soluzioni per il Content Purchase and Protection, perfezionate e descritte fino alla proposta di standardizzazione; il gruppo TM-CBMS ha però demandato una decisione finale, che si stava rivelando assai ardua, al mercato. L'importanza di definire subito uno standard che consenta di proteggere servizi da parte del fornitore di servizio e di sottoscrivere e acquistare servizi a pagamento da parte dell'utente risiede nella possibilità di creare un mercato di dispositivi interoperabili.

Un'ultima considerazione sulla standardizzazione. La creazione delle specifiche, che comprende un notevole lavoro

di analisi, confronto, simulazione, progetto e implementazione, in parte viene condotta in progetti di ricerca Europei, che mettono a disposizione dei gruppi internazionali il lavoro svolto. Uno di questi progetti è il Progetto IST INSTINCT (IP-based Networks, Services and Terminals for Convergence Systems), iniziato nel 2004, che ha permesso di condurre una serie di test di trasmissione e ricezione DVB-H a Torino grazie al Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica della Rai e in Francia, Germania e Regno Unito, oltre ad aver dato impulso alle specifiche di ESG, protocolli di trasporto e FEC a livello applicazione.

Un altro Progetto Europeo a cui il Crit Rai partecipa attivamente è il Progetto CELTIC Wing TV (Services to Wireless, Integrated, Nomadic, GPRS-UMTS & TV handheld terminals), iniziato nel 2005 e specificatamente rivolto alla validazione dei primi apparati DVB-H, con test estensivi di laboratorio e in campo, e alla definizione del ricevitore di riferimento.

Fig. 19 - Logo del Progetto IST INSTINCT

Fig. 20 - Logo del Progetto IST CELTIC Wing TV.

7. Conclusioni

La tecnologia DVB-H rappresenta il passo più concreto verso la sinergia di reti broadcast e cellulari, e permetterà la ricezione di immagini televisive su terminali portatili, utilizzando una rete broadcast, superando le problematiche, principalmente legate al costo di rete, insite nell'utilizzo di reti cellulari per la TV mobile.

Rispetto al DVB-T, il DVB-H migliora infatti il rendimento in termini di durata della batteria, e garantisce maggiore protezione ai dati trasmessi. L'utilizzo di una codifica video più efficiente ai bassi bit-rate rende poi il DVB-H adatto per terminali dotati di piccolo display e con funzionalità condivise con altre applicazioni.

Inoltre, l'utilizzo di IP come protocollo di trasporto è decisivo nel rendere possibile l'utilizzo di applicazioni nate per Internet, aumentando le sinergie tra le diverse tecnologie.

I progetti di sperimentazione in corso [13], in continuo aumento, daranno un'idea dell'interesse per la televisione mobile DVB-H in Europa e nel mondo. Il progetto BMCO (Broadcast Mobile Convergence) a Berlino è stato il primo progetto con trasmissioni *live* DVB-H. In seguito, ci sono state sperimentazioni in tutta Europa. In Olanda, una primo test è avvenuto ad IBC 2004 ad Amsterdam. Ad Helsinki, in Finlandia, la TV Mobile finlandese ha lanciato la prima

sperimentazione pilota commerciale per servizi DVB-H da Marzo 2005. Durante questa sperimentazione, 500 utenti hanno sperimentato i servizi televisivi mobili grazie ai terminali Nokia 7710 muniti di un ricevitore DVB-H.

Altre sperimentazioni commerciali sono in corso o in preparazione in Francia, Regno Unito, Spagna, Svizzera, Danimarca[Nota 4].

Nota 4 - Un elenco aggiornato dei siti DVB-H commerciali o sperimentali si può trovare in http://www.dvb-h-online.org

La tecnologia DVB-H è stata valutata anche in Australia, Brasile, USA e Taiwan.

In Italia il Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica Rai ha avviato la prima sperimentazione DVB-H con trasmissioni *live* sull'area urbana è iniziata a Torino alla fine del 2004. La trasmissione del segnale DVB-H Rai a Torino è attualmente attiva, con generazione del segnale presso il CRIT, con l'obiettivo di avviare una sperimentazione pre-commerciale del servizio.

Bibliografia

1. "Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); Multimedia Broadcast/Multicast Service (MBMS); Architecture and functional description", ETSI, 3GPP TS 23.246, versione 6.8.0, Release 6.
2. "Digital Video Broadcasting (DVB); framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television". ETSI EN 300 744, 1997.
3. "Digital Video Broadcasting (DVB);Transmission System for Handheld Terminals", ETSI EN 302 304 V1.1.1, Novembre 2004.
4. "Digital Video Broadcasting (DVB);DVB-H Implementation Guidelines", ETSI TR 102 377 V1.2.1, Novembre 2005.
5. "Digital Video Broadcasting (DVB);Transmission to Handheld Terminals (DVB-H);Validation Task Force Report", ETSI TR 102 401 V1.1.1, Maggio 2005.
6. "Digital Video Broadcasting (DVB);DVB specification for data broadcasting", ETSI EN 301 192 V1.4.1, Novembre 2004.
7. S.Deering, R. Hinden:"Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification", RFC2460, IETF, Dicembre 1998.
8. P. Casagranda, V. Mignone, D. Milanesio, P. Sunna, L. Vignaroli: "Sistemi di comunicazione convergenti: DVB-T e reti cellulari di terza generazione", "Elettronica e Telecomunicazioni", n° 2, agosto 2003.
9. G. Alberico, P. Casagranda: "DVB e IPv6", IPv6 Task Force Italiana, www.it.ipv6tf.org/minutes/RAI-DVB_IPv6.pdf, Ultimo Accesso 9.11.2005.
10. T. Paila et al. "FLUTE - File Delivery over Unidirectional Transport", RFC3926, IETF, Ottobre 2004.
11. V. Mignone, A. Morello, M. Visintin: "Lo standard DVB-T per la televisione digitale terrestre", "Elettronica e Telecomunicazioni", n° 1, aprile 2002.
12. A. Bertella, B. Sacco, M. Tabone: "Valutazioni in laboratorio del sistema DVB-T", "Elettronica e Telecomunicazioni", n° 1, aprile 2002.
13. DVB-H Handbook", a cura del Digitag, 2005
14. "IP Datacast over DVB-H: Set of specifications for Phase 1", DVB Document A096, Novembre 2005
15. "IP Datacast over DVB-H: Electronic Service Guide (ESG)", DVB Document A099, November 2005

Che cosa è, come funziona:
La modulazione COFDM

ing. Vittoria **Mignone**
Rai
Centro Ricerche e
Innovazione Tecnologica

La modulazione COFDM (*Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing*)[Nota 1] è una tecnica di trasmissione caratterizzata dalla suddivisione del segnale di informazione ad alta velocità trasmissiva in molti flussi paralleli trasmessi a bassa velocità, multiplati a divisione di frequenza (FDM, *Frequency Division Multiplexing*) su portanti ortogonali e quindi non interferenti fra loro.

Seppure la prima pubblicazione relativa alla modulazione multiportante risalga agli anni '60, solo a partire dagli anni '80, con l'evoluzione delle tecnologie digitali, l'OFDM si è rivelato interessante per le trasmissioni su canali caratterizzati da selettività in frequenza, fino all'adozione per gli standard di diffusione radio DAB, TV DVB-T, su rame (ADSL) e per reti wireless (WiFi e WiMAX) (vedere riquadro).

Nota 1 - Talvolta è chiamata DMT (*Discrete Multi-Tone*).

ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*) per la trasmissione dati su doppino in rame è basato sugli standard ITU G.991 e G.992, noti anche come G.DMT e G.lite.

DAB (*Digital Audio Broadcasting),* tecnologia per la diffusione digitale dei programmi audio, sviluppata dal progetto europeo Eureka 147, iniziato nel 1987 e concluso nel 2000. (www.worlddab.org e www.dab.it).

DVB-T (*Digital Video Broadcasting – Terrestrial*), è lo standard per la diffusione digitale terrestre (www.dvb.org).

WiFi (*Wireless Fidelity*) e WiMAX è un marchio della *WiFi Alliance* e si riferisce ad una famiglia di specifiche IEEE 802.11 per i metodi e le tecniche per operare senza fili (wireless) in reti locali. Le specifiche di IEEE 802.11b sono del 1999.

WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*) è un marchio che certifica i prodotti conformi allo standard IEEE 802.16, per l'accesso wireless punto-multipunto a larga banda. (www.wimaxforum.org)

Nota 2 - Le reti a singola frequenza sono reti in cui il segnale irradiato dai trasmettitori che compongono la rete è sulla stessa portante radio: i ricevitori possono perciò ricevere i segnali provenienti da più trasmettitori, echi artificiali di uno stesso segnale.

L'ambiente terrestre è caratterizzato dalla cosiddetta propagazione *multipath*, ossia multi-cammino, dovuta alle riflessioni del segnale da parte degli ostacoli che incontra nel viaggio dal trasmettitore al ricevitore: al ricevitore arrivano perciò più repliche del segnale trasmesso, attenuate, sfasate e ritardate in modo diverso a seconda del tragitto percorso. I ritardi rispetto al segnale principale possono essere di alcuni microsecondi, nel caso di echi naturali, legati all'ambiente di propagazione, ma possono anche arrivare a centinaia di microsecondi per echi artificiali dovuti ai segnali provenienti dai trasmettitori isofrequenziali presenti nelle reti a singola frequenza[Nota 2].

Fig. 1 - Canale *multipath* e modulazione multiportante.

Il risultato è un pesante degradamento del segnale trasmesso: in figura 1 è rappresentata la funzione di trasferimento di un tipico esempio di canale di propagazione in ambiente urbano nella banda UHF in presenza di soli echi naturali con ritardi fino a 5,5 μs: come si può vedere un segnale convenzionale a singola portante con una velocità di simbolo R_s di 7,5 MHz occupante l'intera porzione di spettro risulta fortemente deteriorato dalla presenza degli echi del segnale principale, che hanno ritardi con durata molto maggiore di quella del simbolo in trasmissione $T_s=1/R_s$, pari a 0,13 μs.

Le tecniche di correzione del *multipath* per la modulazione a portante singola convenzionali si basano sull'equalizzazione del segnale al ricevitore. Diverse sono le strutture secondo cui gli equalizzatori possono essere realizzati, ma le più adottate si basano su linee a prese di ritardo di tipo FIR (*Finite Impulse Response*, a risposta finita) a coefficienti adattabili, con spaziatura tra le prese di ritardo pari al periodo di simbolo del segnale in trasmissione. Per un corretto funzionamento la lunghezza dell'equalizzatore deve essere maggiore del massimo ritardo d'eco da equalizzare (più volte il ritardo massimo, tanto più quanto maggiore è la potenza dello stesso, riferita al segnale principale). Ne risulta che ritardi molto lunghi rispetto al periodo di simbolo del segnale non possono essere trattati con le tecniche di equalizzazione convenzionali, perché richiederebbero l'impiego di equalizzatori molto complessi.

Sulla base di tali considerazioni e dei risultati di accurate valutazioni tecniche

Fig. 2 - Il segnale OFDM nel dominio del tempo e della frequenza.

comparative, nel caso di sistemi di trasmissione per canali affetti da *multipath* elevati, si è scelta la modulazione multiportante OFDM. Il principio su cui si basa questa tecnica di modulazione consiste nel distribuire il flusso dati totale tra moltissime portanti (a banda stretta e quindi a bassa velocità di trasmissione) equispaziate in frequenza, all'interno della banda del canale di diffusione.

La figura 2 mostra il segnale OFDM nel dominio del tempo e della frequenza: se f_0 è la spaziatura in frequenza delle portanti, il segnale OFDM è la somma risultante dalla multiplazione a divisione di frequenza di N segnali con portanti 0, f_0, $2f_0$,...., $(N-1)f_0$. A ciascuna delle portanti è poi applicata la modulazione digitale (QPSK, M-QAM, ecc.); la mutua ortogonalità è garantita per una spaziatura in frequenza tra le portanti pari alla velocità di simbolo, $1/T_u$.

Il processo OFDM è attuato per mezzo di una trasformata di Fourier Inversa (I-FFT, *Inverse Fast Fourier Transform*).

L'effetto di un eco sul segnale OFDM è schematicamente rappresentato in figura 3, paragonato con il caso di un segnale a singola portante: un eco con ritardo confrontabile con la durata del simbolo di trasmissione della modulazione a singola portante (SP) ha effetto sull'intero simbolo del segnale SP, ma solo su una piccola porzione del simbolo del segnale multiportante (MP).

Nel dominio della frequenza ciò si traduce nel fatto che ogni portante occupa una piccola porzione dello spettro, dove la risposta in frequenza del canale è tanto più "localmente piatta" e non distorcente quanto più è elevato il numero di portanti in cui è suddiviso il segnale da trasmettere (si veda l'ingrandimento in figura 1): idealmente suddividendo il segnale in un numero infinito di portanti, ogni singola portante accede ad un canale non distorcente.

Nella realtà una porzione del segnale OFDM è comunque affetta da interferenza intersimbolica, ossia interferenza sul

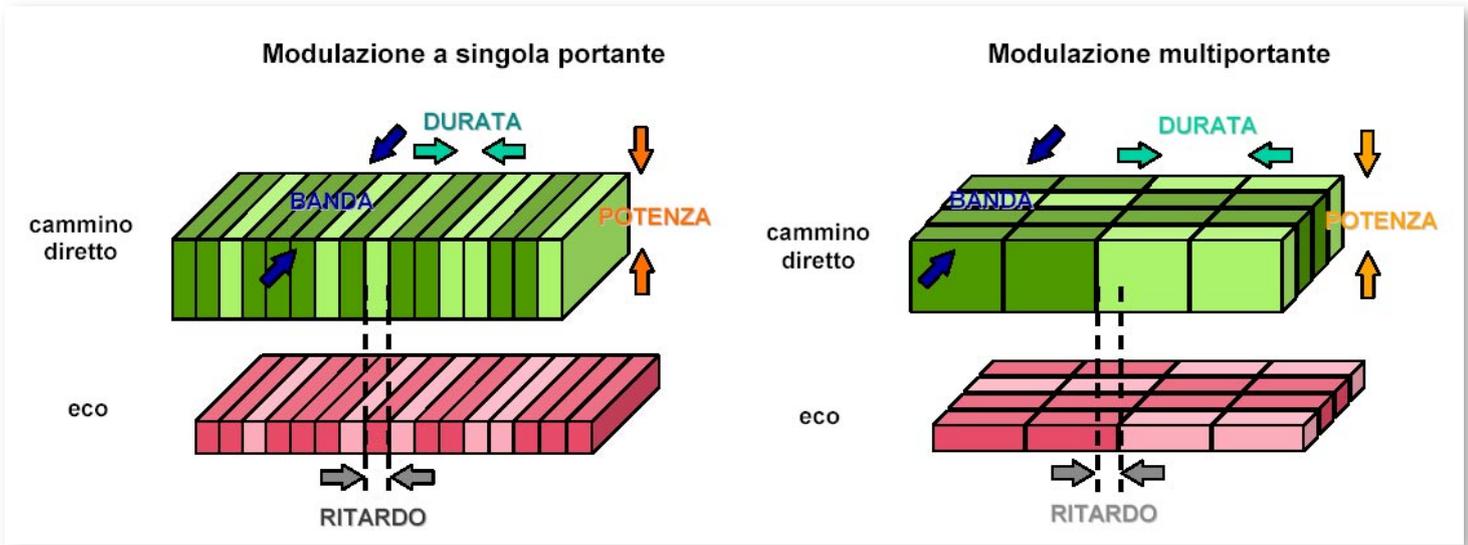



Fig. 3 - Confronto fra la modulazione a singola portante e quella multiportante.

simbolo utile dovuta ai simboli che lo precedono (figura 4): per eliminarla, a ciascun simbolo OFDM è anteposto un intervallo di guardia temporale (con durata T_g pari ad una frazione della durata di simbolo utile T_u) che separa simboli OFDM adiacenti. L'intervallo di guardia è la continuazione ciclica della parte utile T_u del simbolo (figura 5) e viene scartato dal ricevitore, cosicché gli echi che raggiungono il ricevitore con un ritardo τ inferiore a T_g non generano interferenza intersimbolica (*Inter Symbol Interference*: ISI). Ovviamente l'intervallo di guardia riduce l'efficienza del sistema in termini di capacità trasmissiva.

Oltre che dall'interferenza intersimbolica, il segnale OFDM è anche affetto da inter-

Fig. 4 - Interferenza intersimbolica ed intrasimbolica.

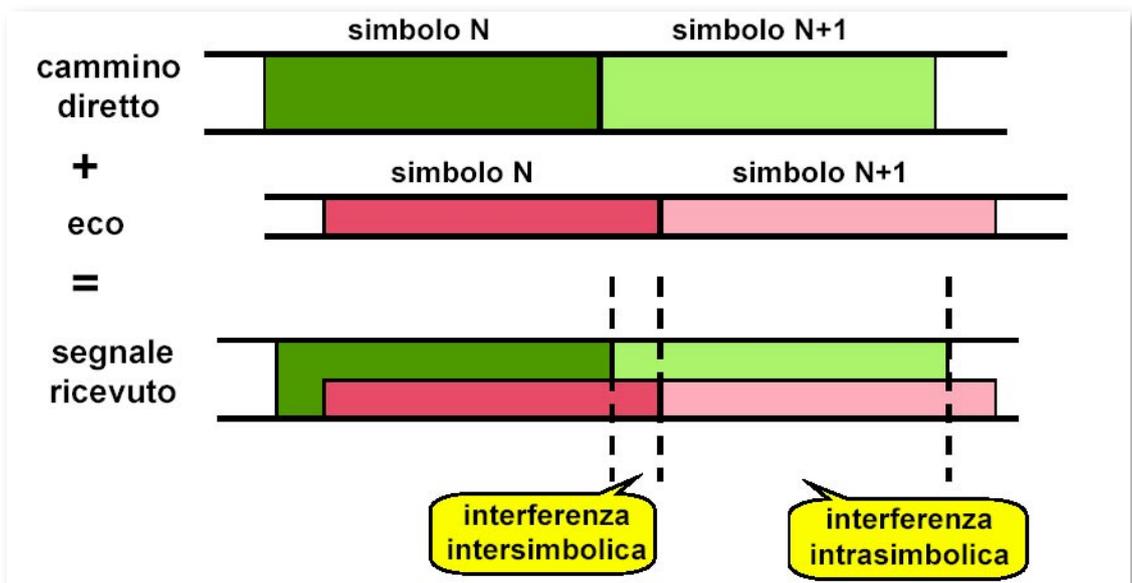
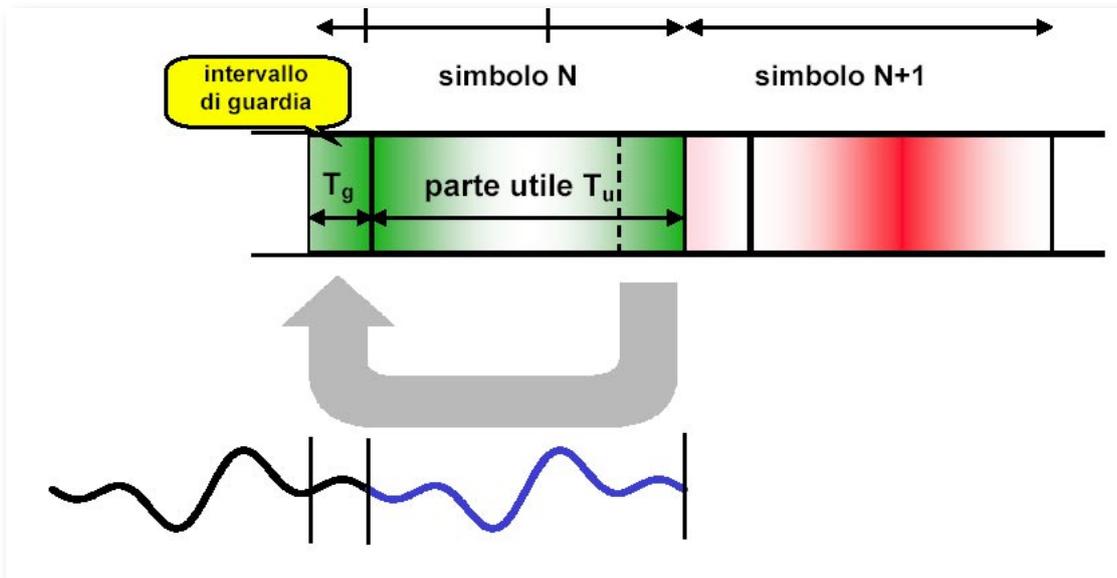



Fig. 5 - Il simbolo OFDM e l'intervallo di guardia.

ferenza intrasimbolica, ossia l'interferenza sul simbolo utile dovuta al simbolo stesso (figura 4). Essa può essere costruttiva, ossia aumentare la potenza di segnale al ricevitore, o distruttiva, ossia diminuire la potenza ricevuta, a seconda del ritardo tra segnale principale ed eco. La figura 6 illustra l'effetto dell'interferenza intrasimbolica su una portante del segnale OFDM.

Per mitigare gli effetti dell'interferenza intrasimbolica, che causa un'alterazione del livello e della fase delle singole costellazioni, viene utilizzato un equalizzatore adattativo che portante per portante, mediante una stima della funzione di trasferimento del canale, corregge modulo e fase del segnale ricevuto (figura 7); inoltre è prevista l'introduzione di uno schema di correzione degli errori esternamente alla modulazione OFDM, per permettere il recupero dell'informazione trasportata da quelle portanti che sono state attenuate dal canale di trasmissione. Per questo motivo normalmente si parla di COFDM (*Coded* OFDM), ossia OFDM codificato.Inoltre, per evitare che l'informazione trasportata dalle portanti degradate entri nel decodificatore sequenzialmente, normalmente al codificatore è associato un interallacciatore con il compito di sparpagliare il flusso di informazione codificata, prima che venga associato alle portanti della modulazione OFDM. Come illustrato in figura 8, in trasmissione dopo la codifica di canale l'interallacciatore

Fig. 6 - Effetto dell'interferenza intrasimbolica su una portante del segnale OFDM: casi limite.

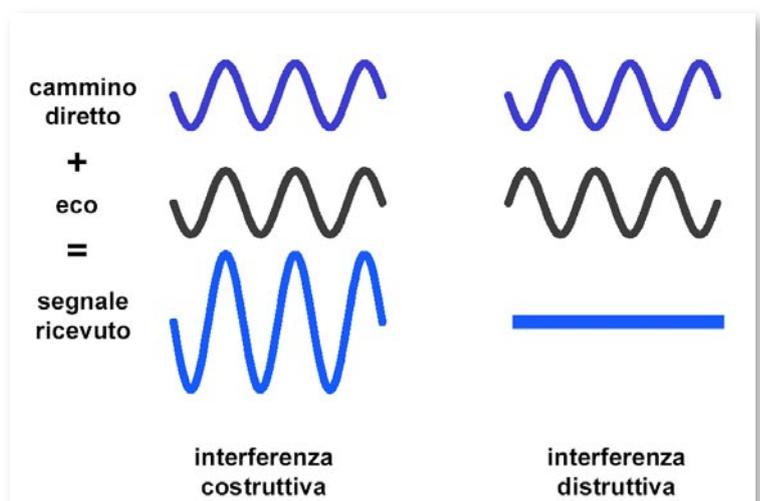
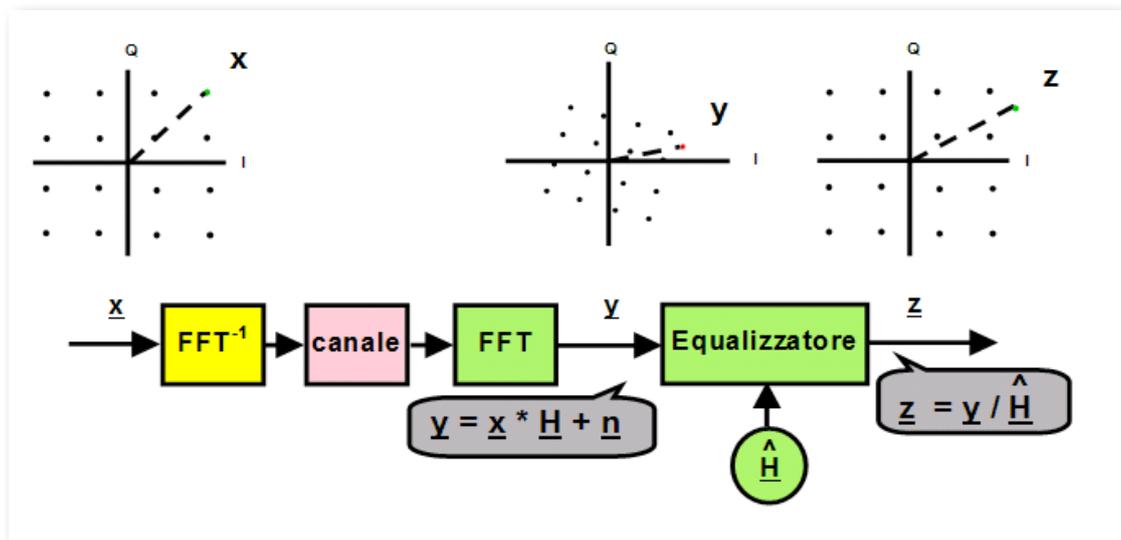
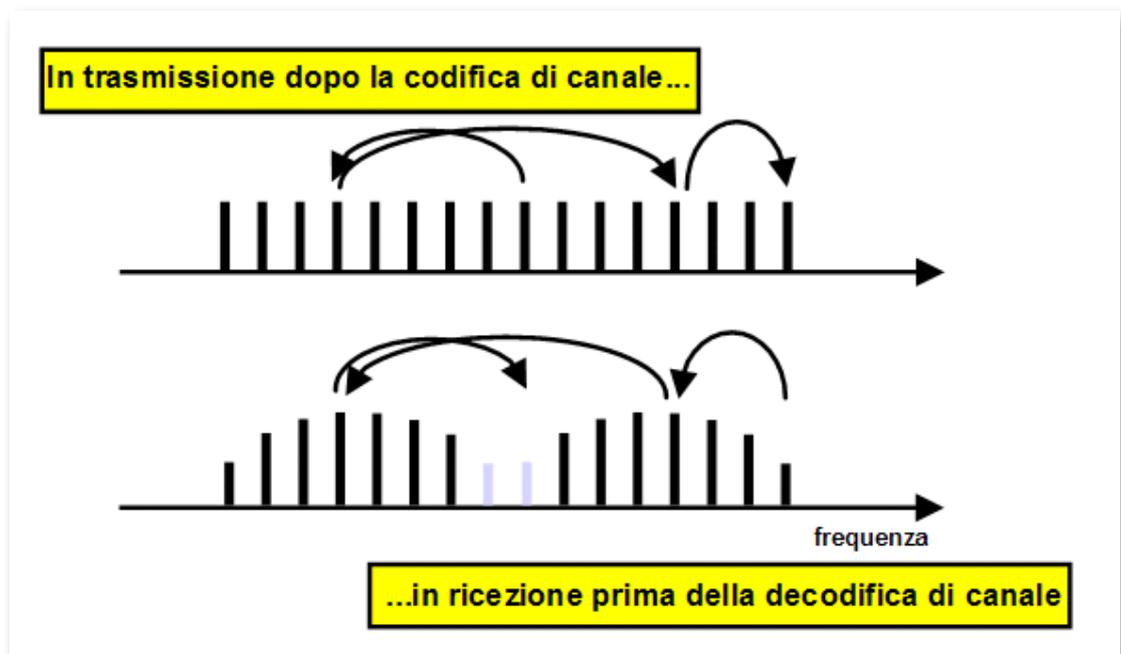



Fig. 7 - Equalizzazione del segnale OFDM.

cambia l'ordine della sequenza di dati in trasmissione; il ricevitore poi prima della decodifica di canale attua l'operazione inversa, allontanando fra loro dati associati a portanti vicine attenuate dal *fading*. Tutto ciò per di sfruttare al meglio le potenzialità del decodificatore. L'interallacciatore può essere di frequenza, se opera sui dati trasportati da un singolo simbolo OFDM, ed è quindi atto a contrastare l'effetto del solo fading selettivo in frequenza, tipico dei canali statici o tempo invarianti, oppure di tempo, se opera sui dati trasportati da più simboli OFDM, ed è quindi atto a contrastare anche l'effetto del fading tempo variante, tipico del canale mobile.

Fig. 8 - Effetto dInterlacciamento in frequenza delle portanti dati di in sistema COFDM.

Il sito Melevisione Accessibile

Carlo **Bonugli**
Mario **Muratori**
Rai - Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica

Alice **Capello**
redazione melevisione, responsabile dei siti

Il sito della Melevisione

Fin dalla sua nascita nel gennaio 2000[Nota 1], il sito Internet della Melevisione ha riscosso apprezzamenti e gradimento sempre crescenti sia tra i bambini, cui in primo luogo si rivolge, che tra gli adulti.

I piccoli vi ritrovano infatti gli elementi portanti della trasmissione: i personaggi, le filastrocche, i testi e l'audio delle canzoni, le schede delle manualità e le sinossi delle puntate, oltre naturalmente a regali da scaricare, giochi on-line, i loro disegni più belli e la possibilità di compiere un viaggio virtuale nel Fantabosco.

I genitori e gli insegnanti possono invece reperire informazioni sul programma e sui cartoni animati trasmessi, sugli eventi esterni collegati alla Melevisione e più in generale accedere, tramite il sito, a numerosi spunti didattici ed educativi.

Completamente rinnovato nel marzo 2004, il sito propone una navigazione semplice e immediata, adatta anche agli utenti più piccini.

I contenuti e la grafica del sito, che si compone di circa 300 pagine diverse, sono costantemente aggiornati ed arricchiti. Attualmente le pagine visitate ogni giorno ammontano in media a oltre 40.000.

Nel dicembre 2005 è stata aggiunta la nuova versione accessibile del sito, sviluppata con la collaborazione del Centro Ricerche ed Innovazione Tecnologica della Rai di Torino, che contiene contenuti accessibili a tutti.

Nello sviluppo di questo prodotto è stata data la massima importanza ai disabili, in particolare con problemi di vista: non vedenti, ipovedenti, daltonici. Tuttavia, si è ritenuto opportuno considerare anche le richieste pervenute da persone dotate di apparati tecnologici non aggiornati o collegate in internet tramite connessioni a bassa capacità (spesso le sole disponibili nelle zone rurali) cui risulta difficile, o addirittura impossibile, la fruizione del sito principale per motivi essenzialmente tecnici.

Pertanto si è sviluppato il sito accessibile con lo scopo di garantire l'universalità dell'accesso, ovvero di non escludere nessuno: chi cerca in fretta le informazioni, chi ha attrezzature obsolete, chi dispone di connessioni particolarmente lente, chi ha un computer vecchio o un browser datato.

Nota 1. M. Muratori: "Melevisione dalla TV al web", Elettronica e Telecomunicazioni, n. 2, agosto 2000

La legge Stanca

La Legge n. 4 del 9 gennaio 2004, conosciuta come “legge Stanca”, introduce nel nostro ordinamento legislativo il concetto di accessibilità, definito come la capacità dei sistemi informatici di erogare servizi e fornire informazioni fruibili, senza discriminazioni, anche da parte di coloro che a causa di disabilità necessitano di tecnologie assistive[Nota 1] o configurazioni particolari.

In pratica, tale legge e i regolamenti annessi offrono una guida per realizzare sui sistemi informatici i principi fondamentali espressi nell’articolo 3 della nostra Costituzione[Nota 2].

Collegandosi al citato articolo costituzionale, la legge Stanca ricorda che “la Repubblica riconosce e tutela il diritto di ogni persona ad accedere a tutte le fonti di informazione e ai relativi servizi, ivi compresi quelli che si articolano attraverso gli strumenti informatici e telematici” e si pone come finalità far sì che venga “tutelato e garantito, in particolare, il diritto di accesso ai servizi informatici e telematici della pubblica amministrazione e ai servizi di pubblica utilità da parte delle persone disabili, in ottemperanza al principio di uguaglianza ai sensi dell’articolo 3 della Costituzione”.

In ottemperanza all’articolo 3, la legge si applica, oltre alle pubbliche amministrazioni e agli enti pubblici economici, anche alle aziende private concessionarie di servizi pubblici, quale è la Rai.

La normativa associata alla Legge, e che ne permette l’attuazione, cioè il regolamento di attuazione e i requisiti tecnici, è emanata osservando le linee guida indicate nelle comunicazioni, raccomandazioni e direttive sull’accessibilità dell’Unione Europea, nonché nelle normative internazionalmente riconosciute, e tenendo conto degli indirizzi forniti dagli organismi pubblici e privati anche internazionali operanti nel settore, tra i quali è bene citare il *World Wide Web Consortium* (W3C[Nota 3]), ossia l’organismo che emette tutta la normativa tecnica relativa ad Internet.

Nota 1 - Le tecnologie assistive sono gli strumenti e le soluzioni tecniche, hardware e software, che permettono alla persona disabile, superando o riducendo le condizioni di svantaggio, di accedere alle informazioni e ai servizi erogati dai sistemi informatici.

Nota 2 - "Tutti i cittadini hanno pari dignità sociale e sono eguali davanti alla legge, senza distinzione di sesso, di razza, di lingua, di religione, di opinioni politiche, di condizioni personali e sociali. E’ compito della Repubblica rimuovere gli ostacoli di ordine economico e sociale, che, limitando di fatto la libertà e l’egualianza dei cittadini, impediscono il pieno sviluppo della persona umana e l’effettiva partecipazione di tutti i lavoratori all’organizzazione politica, economica e sociale del Paese."

Nota 3 - Il *World Wide Web Consortium*, W3C, è un organismo internazionale che promuove l’evoluzione, l’ interoperabilità e la compatibilità degli apparati e sistemi operanti in Internet, tramite l’emissione di normativa specifica che rappresenta il riferimento tecnico universalmente riconosciuto.

Il sito accessibile

Quando si parla di disabilità è comprensibile che si originino forti aspettative e altrettanto giustificate sono le disillusioni che possono nascere quando si analizza il risultato. Pertanto è bene fare subito delle distinzioni.

Prima distinzione è tra la trasmissione televisiva, che per sua natura non può che essere supportata da media di tipo audiovisivo ed è a fruizione passiva, e il sito internet collegato alla trasmissione, che contiene sia materiale audiovisivo che testuale, ed è fruibile con uno strumento, il calcolatore elettronico, che permette - almeno in una certa misura - l'adozione di tecnologie assistive. Pertanto, quando si tratta di misure per l'accessibilità, ed in particolare in questo articolo, è bene ricordare che si considera solamente il sito internet legato alla trasmissione (www.melevisione.rai.it) e non il prodotto televisivo.

Con il termine generico di disabilità si indicano in verità un gran numero di problemi fisici e mentali di caratteristiche diversissime.

E' bene chiarire che non per tutte le forme di disabilità esistono adeguate tecnologie assistive e non tutte le tecnologie sono applicabili al prodotto sito internet a cura dello sviluppatore dello stesso.

Per esempio, i disabili mentali, soprattutto se gravi, devono essere assistiti da operatori dedicati: in questo caso, più che le tecnologie assistive vanno curati i

La Rai e la disabilità

Per seguire più da vicino le tematiche sociali, la Rai si è dotata di uno strumento, denominato segretariato sociale, che ha prodotto, tra il resto, guide per gli operatori e codici di autoregolamentazione finalizzati a dare indicazioni per il rispetto e la valorizzazione delle tematiche sociali, avendo ben in mente gli obblighi cui l'Azienda è assoggettata in qualità di erogatore di pubblico servizio[Nota 4].

Tali obblighi si riferiscono, in particolare, all'attività giornalistica di diffusione delle informazioni.

Tuttavia, i responsabili della trasmissione Melevisione, il cui obbiettivo dichiarato è di produrre una trasmissione adeguata ai bambini in età scolare (4-10 anni) sotto tutti i punti di vista - linguaggio, contenuti didattici ed educativi e così via - coerentemente con la loro sensibilità si sono anche impegnati a sviluppare un prodotto finalizzato ai bambini disabili.

Nota 4 - Il Segretariato Sociale della Rai ha la responsabilità aziendale della comunicazione e della programmazione sociale, al fine di definire le linee guida di comunicazione ed i principi di riferimento per la presentazione delle problematiche sociali da parte della Rai, nell'ambito del contratto di servizio fra Rai e Ministero delle Comunicazioni. Il Segretariato definisce, propone e/o realizza le iniziative sulle tematiche sociali sia all'esterno che all'interno della programmazione radiotelevisiva e multimediale, anche in collaborazione con le associazioni e le istituzioni preposte.

contenuti, sia nel prodotto televisivo che sul sito internet. Infatti, se è probabile che un'interfaccia grafica gradevole ed ergonomica possa dare il suo contributo positivo, d'altro canto vi sono effetti e soluzioni grafiche, per esempio oggetti/luci lampeggianti o con contrasti forti, che possono indurre comportamenti negativi in particolari soggetti. D'altro canto, i disabili motori non hanno particolari problemi ad assistere alle trasmissioni televisive e non vi sono limiti di principio alla fruizione di siti web, pur di adottare opportune tecnologie assistive, in genere legate alla funzione di puntamento del terminale d'utente e all'apparato di inserimento dati. In questo caso poco si può fare in fase di sviluppo del sito internet.

Un utile indirizzo sulle misure che si possono e devono implementare nello sviluppo dei siti internet con caratteristiche di accessibilità è rappresentato dall'apposita normativa prodotta dal *World Wide Web Consortium*, e a questa ci si è quindi riferiti per lo sviluppo della versione accessibile del sito della Melevisione.

Analizzando tale normativa, emerge che le misure standardizzate dal W3C sono indirizzate principalmente verso disabili visivi. Si danno infatti indicazioni sulle caratteristiche che deve presenta-

Fig. 1 – Home page del sito accessibile. Ogni immagine è corredata da un testo, interpretato dai lettori automatici, riportante la descrizione succinta dell'immagine, e da una pagina web associata, richiamabile con un apposito link ([d]), in cui si trova una descrizione più ampia dell'immagine.

re l'interfaccia grafica, in particolare sul dimensionamento dei caratteri – misura utile agli ipovedenti - e sull'accostamento cromatico – misura utile ai daltonici e affini; soprattutto si danno indicazioni sulla formattazione del testo costituente il contenuto della pagina web affinché possa essere correttamente interpretato dai sistemi *text-to-speech*[Nota 5].

In particolare, nella versione accessibile del sito della Melevisione tutti gli elementi grafici sono stati provvisti di equivalenti testuali che trasmettono all'utente le stesse informazioni dei contenuti non testuali (figura 1). Per facilitare la navigazione, e consentirla anche a prescindere dall'uso del mouse, sono state impostate delle scorciatoie da tastiera (figura 2). Si è evitato che il colore avesse rilevanza semantica, assicurando che tutte le informazioni fossero accessibili a prescindere da esso, e si sono controllati i contrasti di modo che i contenuti fossero leggibili anche da daltonici e affini (figura 3). Si è, inoltre, introdotta la funzionalità che permette la variazione della dimensione del carattere e altre misure di minore rilevanza.

Tuttavia, utilizzando un lettore *text-to-speech* commerciale, ci si è resi conto che seguire le normative non necessa-

Nota 5 - Si tratta di software capaci di leggere un testo e tradurlo in suoni e parole tramite sintesi vocale.

Fig. 2 – Elenco delle combinazioni di tasti che supportano le scorciatoie da tastiera.

LA MELEVISIONE - Microsoft Internet Explorer

File Modifica Visualizza Preferiti Strumenti ?

Indietro Cerca Preferiti

Indirizzo http://www.melevisione.rai.it/melevisioneaccessibile/canzoni.htm Vai Collegam

Google Search 74 blocked Check AutoLink AutoFill Options

TESTO GRANDE TESTO NORMALE TESTO PICC

[d] Rai.it [d]

HOME PAGE MELEVISIONE PERSONAGGI PUNTATE CANZONI FILASTROCCHE CARTONI TASTI DI ACCESSO

Ti trovi in > Home Page / Canzoni /

Radio Gufo, coso buffo
Di parole sono stufo
Apri gli occhi di lampione
Canta una canzone

[d]

Le danze del Fantabosco
Il Corpo che canta
I Fiabeschi
Travestimenti e maschere
Mamma natura
Amici e parenti

HOME PAGE MELEVISIONE PERSONAGGI PUNTATE CANZONI FILASTROCCHE TASTI DI ACCESSO MAPPA DEL SITO E-MAIL

Aggiornato al 16.12.2005

I contenuti di questo sito, salvo diversa indicazione, sono rilasciati sotto una licenza: Rai - Radiotelevisione Italiana

W3C XHTML 1.0 W3C CSS W3C WAI-AAA WCAG 1.0

Fig. 3 – Menu delle canzoni. I colori differenziati (nero, blu) possono aiutare gli ipovedenti, ma non hanno valore semantico. Il contrasto tra caratteri e sfondo è elevato e l'associazione tra il colore del carattere e il colore dello sfondo è tale da facilitare la lettura anche a chi ha difetti visivi.

Vai Collegamenti

...NE TESTO NORMALE TESTO PICCOLO

HOME PAGE MELEVISIONE PERSONAGGI PUNTATE CANZONI FILASTROCCHE CARTONI TASTI DI ACCESSO

Ti trovi in > Home Page / Personaggi /

"...C'è un posto al mondo, fuori dal mondo
Posto fatato nel bosco profondo
Con una fata che sbaglia magie
Con una gnoma che dice poesie
Con un folletto che scherza con lei
Posto così, dove sei, dove sei?..."

[d]

Milo Cotogno
Fata Lina
Strega Varana
Principessa Odessa
Lupo Lucio
Principe Giglio
Orco Rubio
Gnomo Ronfo
Gnoma Linfa
Balia Bea
Cuoco Basilio
Re Quercia
Vermio Malgozzo
Di fiaba in fiaba vanno...

Fig. 4 – Menù dei personaggi.

LA MELEVISIONE - Micro...

File Modifica Visualizza Preferiti Str...

Indietro

Indirizzo http://www.melevisione.rai.it...

Google Search

Ti trovi in > Home Page / Personaggi / Strega Varana /

STREGA VARANA

[d]

Strega Varana appartiene alla categoria delle STREGHE VIOLA: può fulminare, pietrificare, incenerire, far perdere la memoria o l'identità e trasformare le persone in animali. Ha una passione per le UOVA, in cui conserva filtri e pozioni, e per i PROFUMI, che ricava da miscele diaboliche di fiori rarissimi, piante carnivore e muffe coltivate da lei stessa. Strega Varana persegue un sogno fisso: organizzare una Rivoluzione del Male che riunisca tutte le creature infide e malefiche per una definitiva conquista del Fantabosco; soltanto gli sforzi congiunti di Milo e i suoi amici le impediscono di attuare i suoi malvagi propositi.
Le formule dei suoi incantesimi sono racchiuse nel suo LIBRO NERO, mentre la sua bibita preferita è la SCIVOLIZIA, che lei vorrebbe gustare con bava di rospo.

Fig. 5 – Scheda del personaggio. I personaggi della trasmissione sono pensati in tutte le loro manifestazioni, p.es. linguaggio, comportamento, costume, di modo da rappresentare determinate caratteristiche psicologiche e/o caratteriali tipiche dell'essere umano.

riamente porta ad una fruizione agevole del contenuto delle pagine web.

In particolare, si è rilevato che i lettori automatici leggono e traducono pedissequamente tutto ciò che trovano, compresi alcuni segni del linguaggio scritto, in particolare le parentesi e i segni di interpunzione. Ciò rende la lettura automatica a dir poco prolissa, e il risultato è una mescolanza di descrizione della punteggiatura e lettura dei testi, dalla quale l'utente deve estrarre i contenuti con valore semantico, a volte non senza difficoltà.

Per ovviare a questo inconveniente, si è cercato di strutturare il sito di modo da raggiungere un compromesso accettabile tra numero di menù di navigazione e lunghezza degli stessi. Si è svolto un minuzioso lavoro di ottimizzazione dell'interfaccia grafica di modo che riportasse tutti gli elementi utili, in particolare i link di navigazione, evitando ogni contenuto che risultasse in inutili lungaggini o ripetizioni in fase di lettura automatica.

Si è inoltre lavorato sulla formattazione dei contenuti delle singole pagine in modo che la fruizione degli stessi fosse la più semplice e lineare possibile.

Dato che il sito si rivolge anche ad utenti vedenti, anche se con difetti di vista, e normodotati, non si è voluto rinunciare ad una forma grafica esteticamente gradevole, sebbene fortemente influenzata dalle scelte funzionali sopra esposte.

Si è curata quindi l'impaginazione, in particolare facendo uso della tecnologia *Cascading Style Sheets* (CCS) che permette di formattare la pagina evitando strutture pesanti o impossibili da interpretare da parte dei lettori automatici (per esempio frame e tabelle), di realizzare alcune funzionalità particolarmente pertinenti (per esempio il ridimensionamento del carattere), e di definire elementi grafici utili per la realizzazione dell'interfaccia grafica evitando il ricorso alle immagini.

Si sono tuttavia inserite anche alcune immagini, ancorché nel minor numero possibile e scegliendo solo quelle più significative (figura 4). Ovviamente il materiale iconografico è inutile in quanto tale ai non vedenti, ma è stato introdotto poiché è pur sempre latore di informazioni che possono essere recepite dagli ipovedenti e dai normodotati (figura 5). La presenza ridotta di materiale iconografico rende il sito particolarmente leggero e adatto a connessioni a bassa capacità.

La formattazione della pagina è stata pensata anche in termini di ergonomia di utilizzo. La distribuzione è a strati orizzontali; dall'alto in basso si trova l'intestazione caratterizzante il sito, il menù di navigazione principale, l'indicazione dell'ubicazione della pagina nel ramo di navigazione (utile per facilitare la localizzazione all'interno del sito), i contenuti, una ripetizione del menù di navigazione principale (utile perché risulta tra le ultime cose lette dai lettori automatici) e le indicazioni di rispondenza alle normative di settore.

Dove necessari si sono introdotti menù contestuali sulla destra, di modo che siano letti dopo i contenuti della pagina, in genere caratterizzante la suddivisione del sito (figura 6).

Il lavoro ha richiesto una modifica alle abitudini consolidate nello sviluppo dei siti e dell'interfaccia grafica. Infatti si è dovuto ricorrere ad un'ottimizzazione specifica

dell'interfaccia, limitando le ripetizioni, spesso invece introdotte ad arte per facilitarne l'uso, e adottando una formattazione della pagina – a strati orizzontali e senza frame - ormai desueta, ma imposta dal modo di operare dei lettori automatici. La tecnologia CSS è risultata molto utile per realizzare, senza appesantimenti grafici o di programmazione, sia la funzionalità di ridimensionamento del carattere, sia parti grafiche e funzionali dell'interfaccia.

Tutte le pagine del sito sono state rilasciate per la pubblicazione dopo il superamento con esito positivo delle validazioni previste dalle normative di settore, ma, come d'abitudine nel progetto Melevisione, sarà sottoposto ad un continuo miglioramento seguendo le indicazioni, i commenti ed i consigli degli utenti cui massimamente si rivolge.

Fig. 6 – Menù delle filastrocche. Il menù contestuale relativo, in questo caso, ai raggruppamenti delle filastrocche è posto sulla destra, di modo che venga letto dopo il contenuto della pagina caratterizzante la suddivisione del sito in cui ci si trova (in questo caso è composto da una filastrocca e dall'immagine dello sputapallin, oggetto di scena tramite il quale i personaggi ricevono le filastrocche da recitare).

Rappresentazione del Colore in Applicazioni di Computer Vision e Image Analysis

ing. Maurizio **Montagnuolo**
(montagnuolo@eurix.it)

L'articolo sintetizza parte della tesi "Strumenti per la Classificazione Automatica di Contenuti Audiovisivi", Tesi di Laurea **Politecnico di Torino,** 2004, sviluppata presso **Centro Ricerche della Rai**
Relatore: ing. Gianfranco **Barbieri**
Tutor Rai: ing. Alberto **Messina**

Sommario
Il colore concorre a definire le proprietà estetiche di un corpo. Il suo studio coinvolge diverse discipline, tra cui l'ingegneria, la fisica, la fisiologia e la psicologia. Dalla confluenza di queste discipline nasce la colorimetria, scienza che si prefigge l'obiettivo di studiare le proprietà del colore e la sua rappresentazione. L'articolo discute degli aspetti fisici, fisiologici e psicologici correlati alla percezione cromatica, fornendo inoltre una descrizione dei modelli matematici utilizzati per la rappresentazione del colore nelle applicazioni di Computer Graphics e Image Analysis.

1. Generalità

La luce visibile è composta da una stretta banda di frequenze dello spettro elettromagnetico, in cui ogni lunghezza d'onda corrisponde ad uno specifico colore. I limiti dello spettro visibile sono dati dal rosso alle basse frequenze e dal violetto alle alte; tra questi due estremi, l'occhio umano è in grado di distinguere circa 400000 colori differenti.

Il colore esprime l'impressione che la luce, variamente riflessa dalla superficie dei corpi, produce sull'occhio: i corpi che riflettono ogni componente della luce visibile appaiono ad un osservatore di colore bianco, mentre, al contrario, quelli che ne assorbono completamente ogni componente risultano neri. Ogni altra lunghezza d'onda riflessa dà luogo alla percezione di uno specifico colore: per esempio un oggetto che riflette la luce con lunghezza d'onda compresa tra 500 e 570 nm, assorbendo tutta l'energia delle altre componenti, appare di colore verde.

Fig. 1 - Banda dello spettro elettromagnetico della luce visibile.

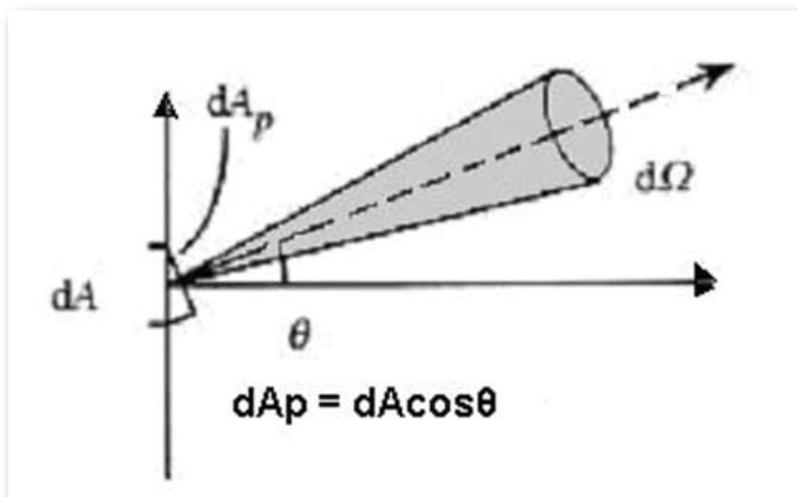
Nota 1 - Per la definizione di colori complementari si veda il paragrafo 3.

Nota 2 - La banda dello spettro elettromagnetico della luce visibile è compreso approssimativamente tra 400 e 700 nm, come mostrato in figura 1.

Se le luci dei colori complementari[Nota 1] vengono mischiate in giuste porzioni, esse producono una luce acromatica (non colorata) che apparirà come un dato grigio. In questo caso la luce è descritta dall'intensità luminosa, considerando una scala di gradazioni di grigio compresa tra il nero (livello minimo) ed il bianco (livello massimo).

La distinzione del colore dipende da fenomeni fisici ed effetti neurofisiologici. Dal punto di vista fisico, essa dipende dalla quantità di energia luminosa che colpisce la retina; tale energia è espressa analiticamente da una funzione della lunghezza d'onda E(λ), mediante la quale è possibile riconoscere le diverse tonalità cromatiche appartenenti alla banda visibile[Nota 2].

Dal punto di vista psicologico, essa è relazionata a diversi aspetti, comprendenti attributi quantitativi, descriventi le caratteristiche colorimetriche del colore percepito (radianza, brillanza, luminanza, tinta, saturazione), ed attributi soggettivi, dipendenti unicamente dalle esperienze personali dell'osservatore.

Fig. 2 - Si definisce radianza il flusso radiante emesso da una sorgente luminosa per unità di angolo solido (dΩ) e per unità di area proiettata su un piano normale alla direzione di propagazione considerata (dA_p).

2. La Percezione Umana del Colore

L'occhio umano contiene due tipi di cellule fotorecettrici: i *coni* e i *bastoncelli*. I coni, che approssimativamente hanno una numerosità di sei milioni, sono responsabili della visione diurna (ovvero ad alti livelli d'illuminazione) e presiedono alla percezione del colore e alla nitidezza dei contrasti, mentre i bastoncelli ammontano a circa 125 milioni ed assolvono la visione notturna (ovvero a bassi livelli d'illuminazione).

Per permettere la distinzione dei diversi colori esistono tre tipi differenti di coni: *S* (*Short*), *M* (*Medium*) ed *L* (*Long*), aventi ciascuno sensibilità S(λ) rispettivamente

alle lunghe, medie e corte lunghezze d'onda, come mostrato in figura 3. I coni *S* hanno il picco d'assorbimento intorno ai 440 nm e sono responsabili della visione del colore blu. I coni *M* presentano il picco di sensibilità nell'intorno dei 540 nm, permettendo la percezione del colore verde. Per i coni *L*, infine, il picco di sensibilità è collocato nell'intono dei 580 nm, consentendo la visione del colore rosso.

Dalla figura 3 si può notare come le curve di assorbimento dei coni *L* ed *M* siano parzialmente sovrapposte, mentre quella dei coni *S* risulta ampiamente separata dalle altre due. Inoltre le curve *L* e *M* presentano ampiezza di banda (in termini di lunghezza d'onda) notevolmente maggiore della curva *S*; ciò dipende dal fatto che i coni *L* e *M* sono molto più numerosi dei coni *S*. Di conseguenza, l'occhio umano risulta più sensibile alle tinte rosse e verdi.

Numerosi studi hanno dimostrato che le sensazioni di colore che il cervello umano percepisce sono il risultato della combinazione dei seguenti elementi: la radianza (*radiance*), la luminanza (*luminance*), la brillanza (*brightness*), la tinta (*hue*), e la saturazione (*saturation*).

La radianza (L_e), grandezza radiometrica che rappresenta la quantità totale d'energia che fluisce da una sorgente luminosa. Essa è definita come *"il flusso radiante emesso da una sorgente (estesa) per unità di angolo solido e per unità di area proiettata su un piano normale alla direzione di propagazione considerata"* [1] (figura 2).

$$L_e = \frac{d^2 P_e}{dA_p \, d\Omega} = \frac{d^2 P_e}{dA \cos\theta \, d\Omega} \qquad \left[W \cdot sr^{-1} \cdot m^{-2}\right]$$

La luminanza, grandezza fotometrica, fornisce una misura della quantità d'energia prodotta da una sorgente di luce e percepita da un osservatore.

$$L_v = K_m \int_{380}^{780} L_{e,\lambda} V(\lambda) d\lambda \qquad \left[cd \cdot m^{-2}\right]$$

dove K_m è una costante dipendente dal sistema di riferimento utilizzato (nel S.I. $K_m = 683 \; [lm \cdot W^{-1}]$), $L_{e,\lambda}$ indica lo spettro di radianza dello stimolo considerato e V(λ) rappresenta la *curva di efficacia luminosa*, funzione della lunghezza d'onda, descrivente la variazione di sensibilità dell'occhio per variazioni monocromatiche.

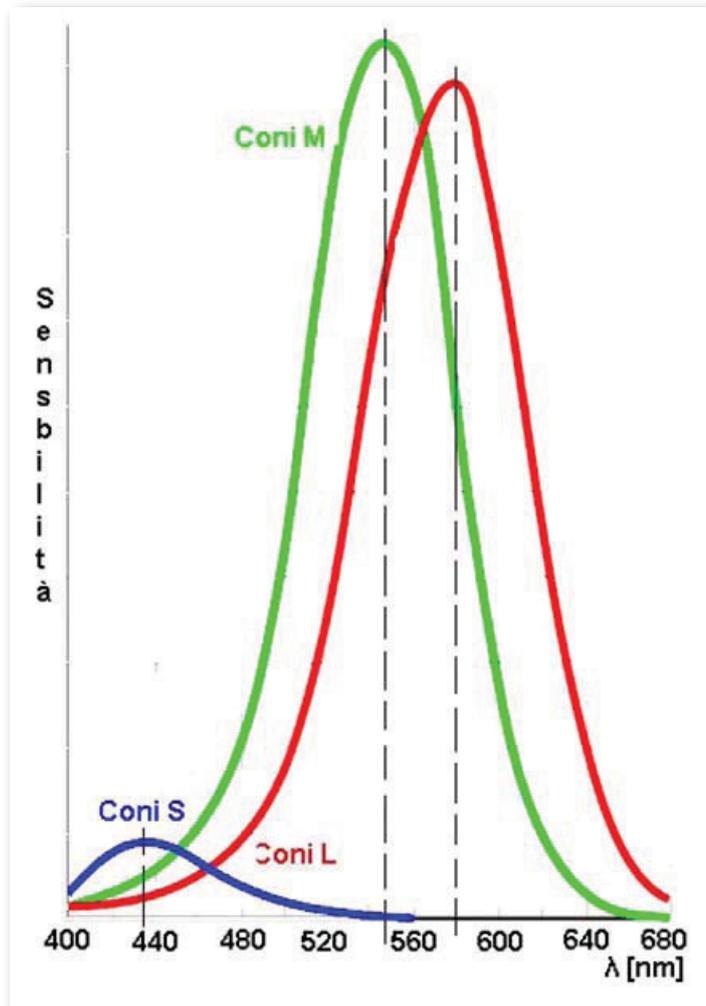



Fig. 3 - Curve di sensibilità dei coni.

La brillanza è definita come la quantità totale di luce che appare emessa da una fonte di luce.

La tinta è l'attributo in virtù del quale la sorgente luminosa (o l'oggetto riflettente la luce) è definita rossa, verde, blu, gialla, magenta, ecc. E' determinata dalla lunghezza d'onda dominante (λ_d) emessa dalla sorgente.

La saturazione indica il grado di purezza di un colore, vale a dire quanto esso differisce dalla luce bianca. Le variazioni di saturazione fanno apparire un colore più o meno sbiadito (ad esempio il rosa è meno saturo del rosso). La saturazione è definita come il rapporto tra il flusso luminoso monocromatico dominante e il flusso luminoso totale emesso (o riflesso o trasmesso) dal corpo in esame. La saturazione sarà massima (100%) se il flusso luminoso è monocromatico, mentre sarà minima (0%) se il flusso luminoso è completamente acromatico, ovverosia grigio.

Indipendentemente dal fatto che la sensazione colorata sia anche un'interpretazione soggettiva, da quanto detto precedentemente si può intuire come il colore sia percepito dagli esseri umani come una grandezza rappresentabile analiticamente in uno spazio n-dimensionale (solitamente $n = 3$). La descrizione dei colori percepiti si basa, pertanto, sull'associazione di un determinato colore ad una terna di valori numerici, ciascuno dei quali indicante in quale quantità ciascuna caratteristica è presente nel colore stesso.

Nota 3 - Johannes Itten, pittore svizzero vissuto tra il 1888 ed il 1967 [3]

Nota 4 - Philipp Otto Runge, pittore tedesco vissuto tra il 1777 ed il 1810 [4]

Fig. 4 - Sfera dello spazio dei colori di Runge-Itten. A sinistra e destra viste esterne; al centro sezione equatoriale. (Immagine tratta da [5]).

3. Categorie di Colori e Sensazioni Indotte

L'associazione tra un nome ed un colore permette ad ognuno di noi di creare mentalmente un'immagine del colore cui ci si sta riferendo. Uno dei problemi fondamentali nell'uso di tale tecnica, consiste nel trovare termini comuni a tutte le lingue madri, in grado di distinguere lo stesso colore. Basandosi sull'analisi linguistica relativa a 20 lingue diverse, Berlin e Kay [2] hanno proposto la suddivisione dello spazio dei colori in 11 categorie basilari: Bianco, Nero, Rosso, Verde, Giallo, Blu, Marrone, Rosa, Viola, Arancione e Grigio.

Parallelamente alla standardizzazione della nomenclatura dei colori, diversi ricercatori hanno studiato metodi per la rappresentazione delle emozioni (quali le sensazioni d'azione, rilassamento, divertimento, tensione, calore, ecc…) indotte da un colore in un osservatore. La paternità di questa ricerca è attribuibile a Johannes Itten[Nota 3], il quale basandosi sulla teoria di Philipp Otto Runge[Nota 4], selezionò dodici tinte fondamentali, e impose cinque livelli di luminanza e tre livelli di saturazione per ogni colore, ottenendo un totale di 180 colori fondamentali, rappresentati sulla superficie di una sfera (figura 4). I 12 colori puri sono posti lungo il cerchio equatoriale, la luminanza varia lungo i meridiani, e la

saturazione aumenta con l'aumentare del raggio; i colori tra loro opposti sono situati alle posizioni diametralmente opposte.

Questa disposizione permette un'oggettiva identificazione delle peculiarità dei colori, identificando cinque differenti tipi di contrasto [6]:

1. Contrasto di tinta.
   Presenta colori non diluiti aventi la loro maggior intensità luminosa. Alcune combinazioni di colore sono: giallo/rosso/blu, rosso/blu/verde, blu/giallo/viola, giallo/verde/viola/blu, viola/verde/blu/arancione/nero. Tinte diverse inducono nell'osservatore sensazioni diverse: i colori gialli, ad esempio, suggeriscono potenza e luminosità, il verde è associato alle piante ed all'estate, mentre il viola è il colore dell'inconscio e del mistero.
2. Contrasto chiaro - scuro.
   E' basato sul confronto tra la presenza o l'assenza di luce; differenze di luminosità determinano una differente percezione della profondità.
3. Contrasto caldo - freddo.
   I colori o le combinazioni di colore come il giallo, giallo/arancione, arancione e rosso/viola sono convenzionalmente associate ad ambienti caldi, mentre le combinazioni dei colori come giallo/verde, verde, verde/blu, blu, blu/viola inducono una sensazione di freddo.
4. Contrasto complementare.
   Due colori sono detti complementari se miscelandoli insieme si ottiene un grigio neutro; esempi sono le coppie giallo/viola, blu/arancione, rosso/verde. Posti uno vicino all'altro determinano nell'osservatore un senso di calma e tranquillità; al contrario, in presenza di due colori non complementari l'occhio umano automaticamente ricerca nell'immagine il complementare del colore osservato, determinando un senso di angoscia.
5. Contrasto di saturazione.
   Si riferisce al grado di purezza di un colore e determina nell'osservatore un senso di tensione.

I descrittori di contrasto sopra citati possono essere utilizzati per definire una rappresentazione semantica del contenuto di un'immagine [9]; ovviamente, tale rappresentazione risulta fortemente condizionata dalla cultura e dalle esperienze individuali.

4. Rappresentazione del colore

4.1 Il Diagramma di Cromaticità CIE 1931

I colori possono essere rappresentati da una combinazione dei tre colori primari rosso, verde e blu.[Nota 5]. Nel 1931 la Commission Internationale d'Eclairage (CIE, un ente incaricato della standardizzazione nel campo dell'illuminazione [7]) propose un modello colorimetrico in grado di rappresentare tutti i colori, fissando inoltre le lunghezze d'onda dei tre colori primari:

- Rosso = 435.8 nm;
- Verde = 546.1 nm;
- Blu = 700 nm.

Nota 5 - Questa terna colorimetria è conosciuta con l'acronimo RGB, dall'inglese *Red, Green, Blue.*

Il diagramma rappresentativo del suddetto modello, denominato CIE 1931, è mostrato in figura 5, in cui sono rappresentate tutte le cromaticità che l'occhio umano è in grado di percepire, prescindendo dalla luminanza.

La proprietà fondamentale del diagramma CIE 1931 è data dal fatto che sommando tra loro due colori si ottiene un terzo colore; pertanto, variando le proporzioni dei primi

Fig. 5 - Il diagramma di cromaticità CIE 1931.

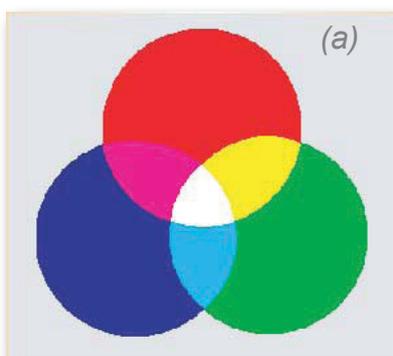
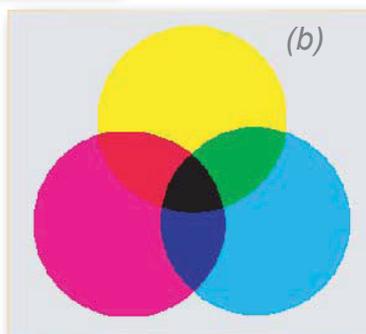



Fig. 6 - Miscelazione additiva (a) e sottrattiva (b) del colore.

due si ottengono tutti i colori che stanno sul segmento che li unisce. Ad esempio, sommando tra loro le tre componenti fondamentali si ottengono i colori secondari: Magenta (Rosso più Blu), Ciano (Verde più Blu) e Giallo (Rosso più Verde). Miscelando, con le opportune intensità, i tre colori primari, o un secondario con il suo primario opposto, si ottiene il bianco. I risultati di questa tecnica, denominata di miscelazione additiva del colore, sono mostrati in figura 6a.

Ogni colore è quindi identificato dalla terna di valori *Q = (XYZ),* corrispondente alle coordinate del punto che identifica il colore nel diagramma CIE 1931. Nelle applicazioni pratiche è usuale utilizzare il vettore normalizzato *q = (x, y, z),* in cui

$$\begin{cases} x = \dfrac{X}{X+Y+Z} \\ y = \dfrac{Y}{X+Y+Z} \\ z = \dfrac{Z}{X+Y+Z} \end{cases}$$

Poiché vale il vincolo $(x+y+z)=1$, è infine possibile identificare ogni colore dalla coppia di coordinate ortogonali *q = (x, y)*, in cui viene omesso il termine *z,* facilmente ricavabile nota la coppia di coordinate *(x, y)*. Le trasformazioni tra i riferimenti RGB e XYZ sono funzioni lineari, espresse in forma matriciale:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.4900 & 0.3100 & 0.2000 \\ 0.1770 & 0.8124 & 0.0106 \\ 0 & 0.0100 & 0.9900 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

Con riferimento ai descrittori di tinta, saturazione e brillanza precedentemente introdotti, è importante far notare che ogni punto situato sul contorno del diagramma identifica un colore completamente saturo;

si ha quindi saturazione massima lungo il contorno, mentre il suo valore decresce sino a zero man mano che ci si avvicina al centro del diagramma. Se si selezionano tre punti del diagramma (corrispondenti ai tre primari), tutti i colori ottenibili tramite una loro combinazione, appartengono al triangolo avente per vertici i tre punti considerati.

Occorre infine precisare che il diagramma di cromaticità è uno strumento utile nella definizione dei colori, ma non apporta alcun contributo nella sua rappresentazione nei dispositivi hardware, né nella visione umana.

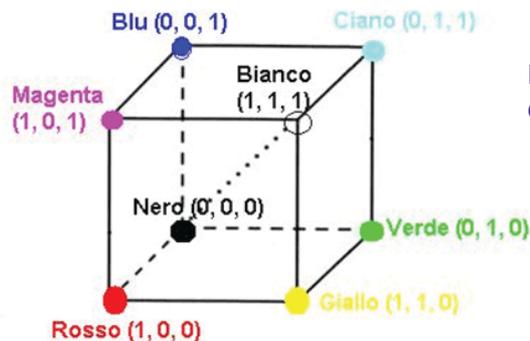
Fig. 7 - Spazio dei colori RGB.

4.2 Modelli di Rappresentazione del Colore

I modelli di rappresentazione dei colori possono essere distinti in:

- *Hardware oriented*, definiti in accordo con le proprietà dei dispositivi ottici usati per riprodurre i colori, come i monitori, i video per i computer e le stampanti a colori. Modelli hardware-oriented sono i modelli RGB, CMY, YUV, YIQ. E' difficile per l'utente trattare questi modelli poiché non si riferiscono direttamente alle nozioni di tinta, saturazione e luminosità;
- *User oriented*, basati sulla percezione umana dei colori, presentano la particolarità di essere intuitivi ed uniformi.[Nota 6] Sono user oriented i modelli HLS, HSV, L*u*v* L*a*b* e L*C*h*.

Lo Spazio dei Colori RGB

Nel modello RGB ogni colore è ottenuto come combinazione lineare dei tre colori primari rosso, verde e blu; esso si basa su di un sistema di coordinate cartesiane, in cui il sottospazio dei colori è delimitato da un cubo, come mostrato in figura 7. La diagonale del cubo che congiunge il nero *(0,0,0)* con il bianco *(1,1,1)*, rappresenta la scala di grigi, in cui rosso, verde e blu sono presenti nella stessa percentuale. I colori a massima saturazione sono posti sugli spigoli del cubo: alle coordinate *(1,0,0)*, *(0,1,0)*, *(0,0,1)*, *(0,1,1)*, *(1,0,1)*, *(0,1,1)* si trovano rispettivamente il rosso, il verde, il blu, il ciano, il magenta e il giallo.

Questo modello è particolarmente importante poiché molti dispositivi hardware forniscono una rappresentazione dei colori basata su di esso.[Nota 7] In figura 8 è mostrata l'immagine "*TG1.jpg*" e la sua scomposizione secondo le componenti RGB. Le immagini dei singoli canali R, G e B, codificate in scala di grigi, indicano la quantità di ciascuna componente per ogni pixel dell'immagine originale. Valori di alta luminosità (identificati da pixel prossimi al bianco) indicano che un dato colore primario è presente in percentuale maggiore. Si noti, ad esempio, come nello sfondo dello studio i pixel a maggior luminosità sono quelli del canale blu (figura 8d), mentre nella zona del volto i pixel a maggior luminosità sono quelli del canale rosso (figura 8b).

Nota 6 - Uno spazio dei colori è definito uniforme se, a piccole variazioni dei valori della terna di coordinate corrispondono piccole variazioni del colore percepito.

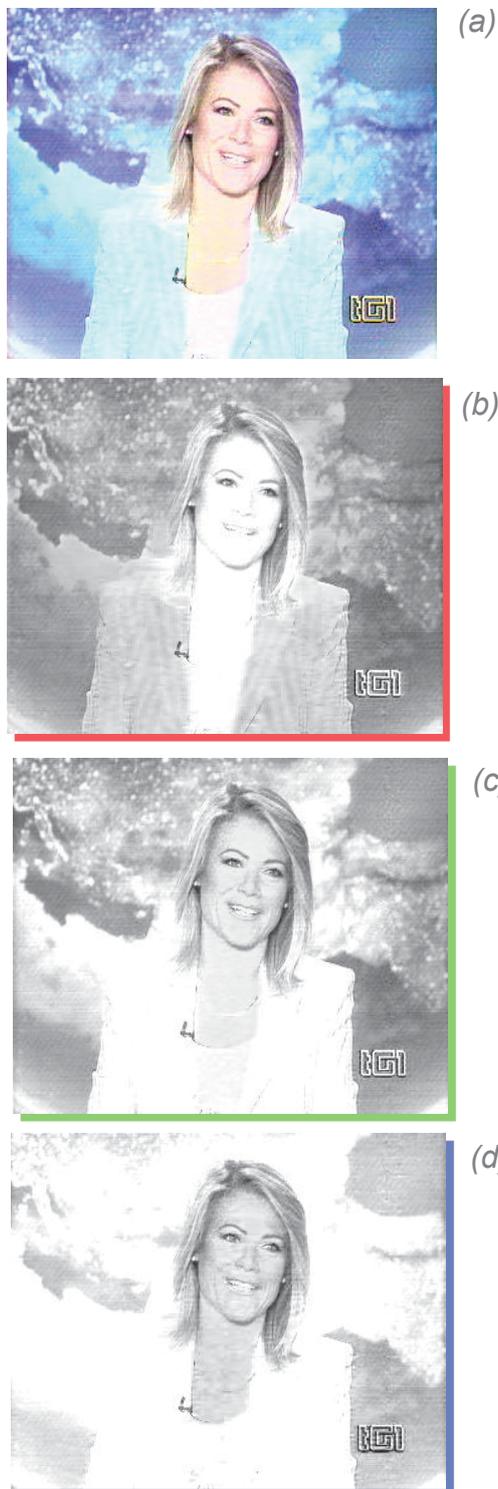
Nota 7 - Un elenco dei valori RGB per i colori più comuni è reperibile al seguente indirizzo internet http://astronomy.swin.edu.au/~pbourke/colour/colourspace/

Fig. 8 - Esempio di rappresentazione nello spazio RGB. (a) Immagine originale. (b) Canale del Rosso. (c) Canale del Verde. (d) Canale del Blu.

(a)

(b)

(c)

(d)

Lo Spazio dei Colori CMY

Lo spazio dei colori CMY è usato per la stampa a colori. Ciano (*Cyan*), Magenta (*Magenta*) e Giallo (*Yellow*) sono i complementari del rosso, verde e blu; sono chiamati colori primari sottrattivi poiché ottenuti sottraendo energia luminosa dal bianco, come mostrato in figura 6b. La conversione dallo spazio RGB è ottenuta, assumendo ogni valore dei colori normalizzato nell'intervallo *[0, 1],* semplicemente sottraendo ad uno i valori della terna RGB, come espresso nell'equazione:

$$\begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

Gli Spazi di Colore utilizzati negli Standard Video

YUV e YIQ sono gli spazi di colore utilizzati nelle trasmissioni televisive analogiche. Sono utilizzati, rispettivamente, nel sistema PAL europeo e nel sistema nordamericano NTSC. Y è connesso con il valore di luminanza, mentre U, V e I e Q rappresentano le componenti di crominanza.

Le trasformazioni tra lo spazio RGB e gli spazi YUV e YIQ sono date dai seguenti sistemi lineari:

$$\begin{bmatrix} Y \\ U \\ V \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ -0.147 & -0.289 & 0.437 \\ 0.615 & -0.515 & -0.100 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.596 & -0.274 & -0.322 \\ 0.212 & -0.523 & 0.311 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

Un altro spazio caratteristico dei sistemi televisivi è lo spazio YCbCr, in cui Y rappresenta la luminanza, mentre Cb e Cr, rispettivamente, i valori di crominanza del blu e del rosso. Le conversioni dallo spazio RGB dipendono dal tipo di raccomandazione utilizzata. Con riferimento

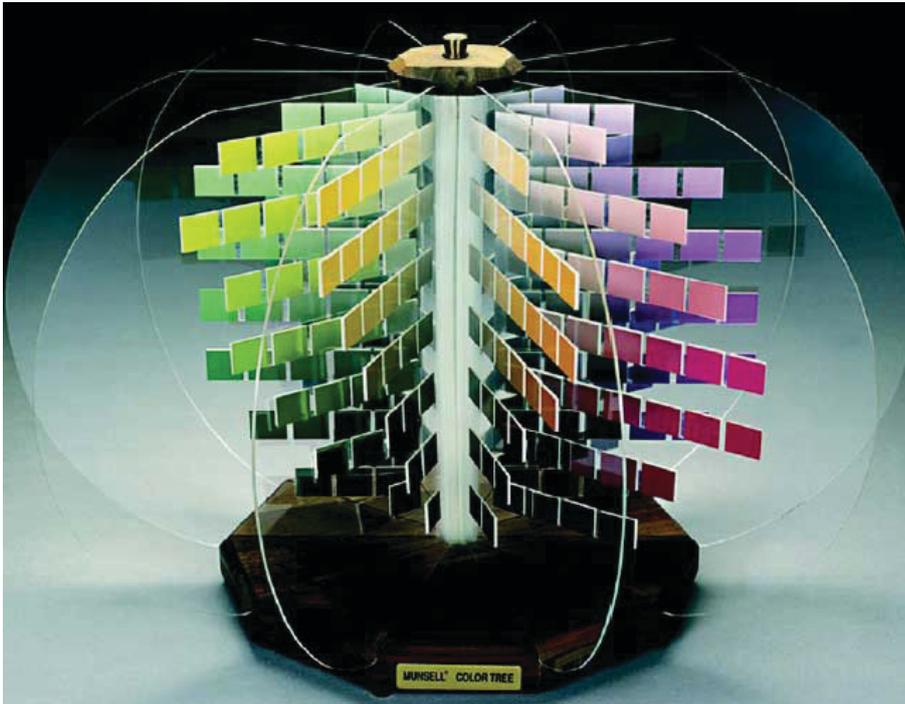



Fig. 9 - Spazio dei colori di Munsell. (Immagine tratta da [8]).

alla raccomandazione internazionale ITU BT.R 601-5, si ha trasformazione espressa dall'equazione.

$$\begin{bmatrix} Y \\ C_b \\ C_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.2989 & 0.5866 & 0.1145 \\ -0.1688 & -0.3312 & 0.5000 \\ 0.5000 & -0.4184 & -0.0816 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

Lo Spazio dei Colori di Munsell

Nello spazio dei colori di Munsell, i colori sono organizzati in uno spazio tridimensionale con coordinate cilindriche, in cui ogni dimensione rappresenta le variabili di tinta (*Hue*), saturazione (*Saturation*) e brillanza (*Brightness*).

La tinta è rappresentata da 10 settori circolari rappresentanti le cinque tinte principali (blu, verde, giallo, rosso, viola) e le cinque tinte intermedie (verde-blu, verde-giallo, rosso-giallo, rosso-viola, blu-viola). La saturazione è rappresentata dal raggio della circonferenza considerata sulla ruota dei colori standard. La *brillanza* è calcolata come una percentuale da 0% (nero) a 100% (bianco).

Con la schematizzazione introdotta, mostrata in figura 9, è possibile rappresentare 550 colori più 11 livelli di grigio.

Gli Spazi dei Colori HSV e HSL

Gli spazi HSV e HSL sono trasformazioni dello spazio RGB che descrivono in modo più naturale il colore. Il nome HSV significa *Hue, Saturation, Value*, mentre HSL identifica *Hue, Saturation, Lightness*. I due spazi possono essere rappresentati mediante un singolo e doppio cono, come mostrato in figura 10.

La principale differenza rispetto al modello proposto da Munsell, in cui la luminosità rimane costante per ogni valore di tinta e saturazione, consiste nel fatto che in questi modelli il massimo valore di saturazione ottenibile dipende dal valore di luminosità.

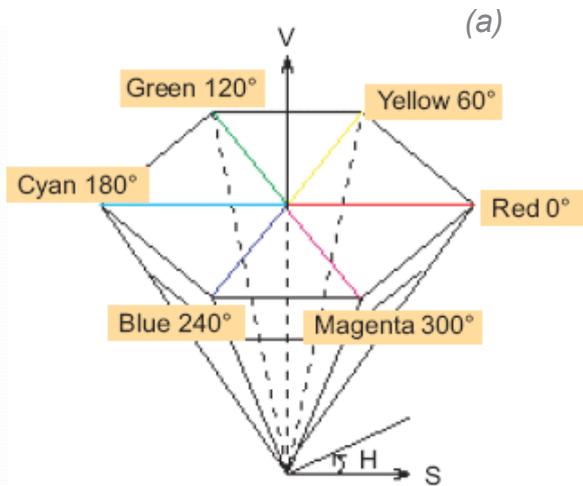



Fig. 10 - Spazi di colore HSV (a) e HSL (b). (Immagini tratta da [8]).

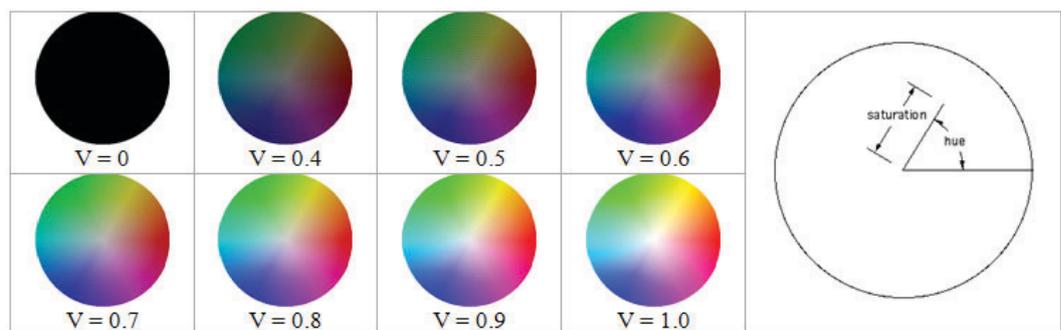
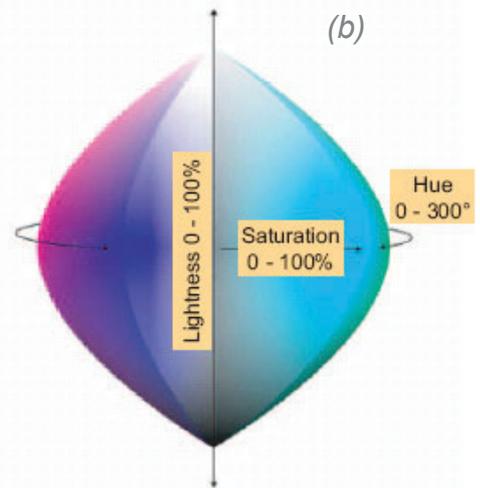



Fig. 11 - Visualizzazione del piano H-S per diversi valori della componente V.

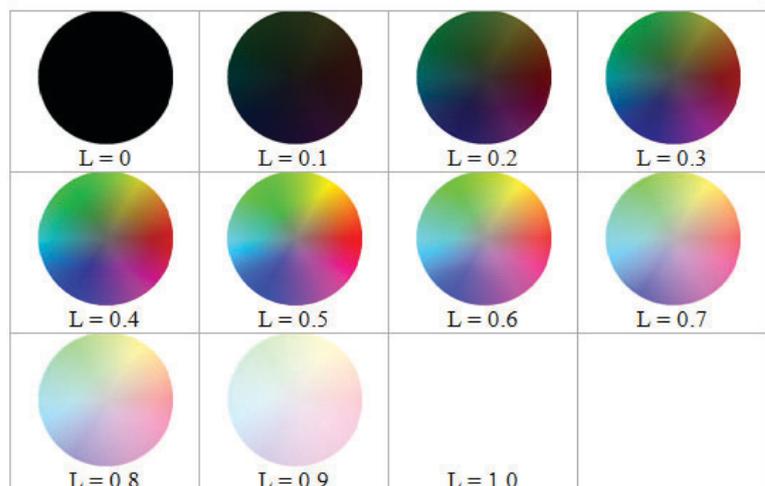



Fig. 12 - Visualizzazione del piano H-S per diversi valori della componente L.

Spesso risulta comodo rappresentare tali spazi su un piano in coordinate polari (r, θ), indicanti, rispettivamente, la saturazione e la tinta, come mostrato nelle figure 11 e 12.

Uno dei possibili algoritmi di conversione dallo spazio RGB allo spazio HSV opera nel seguente modo:

$$Max = \max\{R, B, G\}$$

$$Min = \min\{R, G, B\}$$

V = Max

if $(Max \neq 0)$

$$S = \frac{Max - Min}{Max}$$

if $(Max = R)$

$$H = \frac{G - B}{Max - Min}$$

else if $(Max = G)$

$$H = 2 + \frac{B - R}{Max - Min}$$

else

$$H = 4 + \frac{R - G}{Max - Min}$$

else

S = 0

H = -1 // tinta indeterminata

Gli spazi dei colori L*a*b*, L*u*v* e L*c*h*

Sono spazi ottenuti mediante trasformazioni non lineari dello spazio XYZ, con riferimento ad un punto particolare che è scelto come bianco.

Nello spazio L*a*b*:

- L* rappresenta la luminanza;
- a* codifica la sensazione rosso-verde, in cui i valori positivi di a* indicano il colore rosso, mentre quelli negativi il verde;
- b* codifica la sensazione giallo-blu, in cui i valori positivi di b* indicano il giallo, mentre quelli negativi il blu.

La trasformazione dallo spazio RGB allo spazio L*a*b* è realizzata effettuando dapprima la trasformazione da RGB a CIE XYZ e successivamente da CIE XYZ a CIELAB secondo le relazioni seguenti:

$$\begin{cases} L^* = 116 \cdot \left(\frac{Y}{Y_0}\right)^{\frac{1}{3}} - 16 & \text{per } Y/Y_0 > 0.008856 \\ L^* = 903.3 \cdot \frac{Y}{Y_0} & \text{per } Y/Y_0 \leq 0.008856 \\ a^* = 500 \cdot \left[f\left(\frac{X}{X_0}\right) - f\left(\frac{Y}{Y_0}\right) \right] & \\ b^* = 200 \cdot \left[f\left(\frac{Y}{Y_0}\right) - f\left(\frac{Z}{Z_0}\right) \right] & \end{cases}$$

dove:

$$f(t) = \sqrt[3]{t} \qquad \text{per } t > 0.008856$$

$$f(t) = 7.787t + \frac{16}{116} \qquad \text{per } t \leq 0.008856$$

Il modello L*u*v* fornisce una descrizione dei colori basata sulla teoria della visione umana dei colori opposti e cerca di approssimare le differenze tra i colori così come sono percepite dall'uomo. Le componenti L*u*v* sono ottenute mediante trasformazioni non lineari delle coordinate XYZ nel diagramma CIE 1931:

- la luminanza L* è basata su misure percettive della luminosità;
- u* e v* sono coordinate cromatiche.

I valori di XYZ sono trasformati nelle coordinate L*u*v* mediante le seguenti equazioni:

- per il calcolo di L* valgono le stesse relazioni usate nel modello L*a*b;

$$\begin{cases} u^* = 13 \cdot L^* \cdot \left(u' - u'_0\right) \\ v^* = 13 \cdot L^* \cdot \left(v' - v'_0\right) \end{cases}$$

dove $u' = \dfrac{4X}{X + 15Y + 3Z}$ e $v' = \dfrac{9Y}{X + 15Y + 3Z}$

Nel modello L*C*h* un colore è rappresentato in termini di luminanza (L), Crominanza (C) e Tinta (h). I valori di c* e h* si ottengono a partire dai valori di u*, v* e a*, b* mediante le trasformazioni:

$$\begin{cases} h^* = \arctan \dfrac{v^*}{u^*} \\ C^* = \sqrt{u^{*2} + v^{*2}} \end{cases}$$

$$\begin{cases} h^* = \arctan \dfrac{v^*}{u^*} \\ C^* = \sqrt{u^{*2} + v^{*2}} \end{cases}$$

Le superfici a crominanza costante sono cilindri con asse L*, mentre le superfici a tinta costante sono dei piani definiti dagli assi L* e C*. Esprimendo questo spazio in coordinate cilindriche si ottiene una rappresentazione simile allo spazio di Munsell, coincidente quasi esattamente con il modello fisiologico adottato per descrivere la visione del colore.

5. Scelta dello Spazio di Colore

L'uso di uno spazio piuttosto che un altro dipende da ciò che l'utente desidera effettuare; la tabella 1 riporta pro e contro degli spazi precedentemente descritti.

6. Riferimenti

1. AA.VV."Misurare il colore: spettrofotometria, fotometria e colorimetria, fisiologia e percezione", a cura di Claudio Oleari, ed. Hoepli, 1998.
2. B. Berlin, P. Kay (1969) "Basic Color Terms. Their Universality and Evolution", Berkeley: University of California Press. Ristampa 1991.
3. Biografia di Johannes Itten (in tedesco) http://www.bauhaus.de/bauhaus1919/biographien/biographie_itten.htm
4. Biografia di Philipp Otto Runge http://www.spiritus-temporis.com/philipp-otto-runge/
5. P. Stanchev, D. Green Jr, B. Dimitrov, "High level color similarity retrieval", 28° International conference ICT&P 2003, Varna, Bulgaria.

6. J. Itten, “The art of colors”, Reinhold Publishing Corporation of New York, 1961.
7. Commission Internationale de l’Eclairage (CIE) - http://www.cie.co.at/
8. F. Gierlinger, “Colour spaces in modern multimedia environments — convergence after 40 years of colour television”, EBU Technical Review, No. 301 (Gennaio 2005).
9. J.M. Corridoni, A. Del Bimbo, P. Pala, “*Image retrieval by color semantics*”, Multimedia Systems, Springer-Verlag GmbH, Volume 7, Number 3, May 1999, pp. 175 - 183

Tab. 1 - Spazi colore.

SPAZIO COLORE		CAMPI APPLICATIVI	CARATTERISTICHE	
			☹	☺
RGB		monitor CRT, telecamere, computer graphics	Non uniforme, non compatto, non lineare, dipendente dal dispositivo, poco intuitivo	Completo, facile da implementare, di uso molto comune
CMY		Stampa e fotografia	Non uniforme, non lineare, dipendente dal dispositivo, poco intuitivo, difficile corrispondenza con RGB	Facile da implementare, trasformazioni lineari dallo spazio RGB
HSL – HSV		Image Processing	Non lineari, dipendenti dal dispositivo	Intuitivi, uniformi
YIQ, YUV		Trasmissioni televisive, compressione ed elaborazione delle immagini	Non uniformi, non compatti, completi, dipendenti dal dispositivo, poco intuitivi	Separazione componenti di luminosità Y e cromaticità, trasformazioni lineari dallo spazio RGB
CIE	LAB, LUV	Image Processing	Poco intuitivi	Uniformi, completi, quasi lineari, indipendenti dal dispositivo,
	LCh	Image Processing	Intuitivo	

Glossario

Sono riportate in questo glossario le definizioni delle grandezze più frequentemente utilizzate in colorimetria e descritte in questo articolo. Per ognuna di esse sono riportati, quando possibile, sia il termine in italiano, sia il corrispondente termine in lingua inglese.

Acromaticità	attributo che definisce un colore privo di tinta (ad esempio bianco, grigio, nero)
Brillanza (*Brightness*)	attributo che definisce la quantità totale di luce che appare emessa da una fonte luminosa.
CIE	*Commission Internationale de l'Eclairage.*
CMY	*Cyan* (Ciano), *Magenta* (Magenta), *Yellow* (Giallo). Sistema di rappresentazione dei colori utilizzato nelle stampanti a getto d'inchiostro.
Cromaticità (*Chromaticness*)	attributo della sensazione visiva descrivente le caratteristiche di tinta e saturazione.
Crominanza (*Chrominance*)	insieme dei segnali inerenti l'informazione di colore nei sistemi televisivi.
CRT	*Chatod Ray Tube* (Tubo a Raggi Catodici). Dispositivo elettronico, costituito da un tubo sottovuoto in cui uno o più fasci di elettroni sono proiettati su uno schermo per produrre un'immagine.
HSL	*Hue* (Tinta), *Saturation* (Saturazione), *Lightness* (Luminosità). Sistema di rappresentazione dei colori utilizzato in *Computer Graphics* e *Image Analysis*.
HSV	*Hue* (Tinta), *Saturation* (Saturazione), *Value* (Valore). Sistema di rappresentazione dei colori utilizzato in *Computer Graphics* e *Image Analysis*.
Illuminamento (*Illuminance*)	flusso luminoso incidente per unità di superficie.
Luminanza (*Luminance*)	grandezza fotometrica, fornisce una misura della quantità d'energia prodotta da una sorgente di luce e percepita da un osservatore.
Radianza (*Radiance*)	grandezza radiometrica, rappresenta la quantità totale d'energia che fluisce da una sorgente luminosa.
RGB	*Red* (Rosso), *Green* (Verde), *Blue* (Blu). Sistema di rappresentazione dei colori utilizzato nei televisori, nei monitor e nelle telecamere.
Saturazione (*Saturation*)	grandezza indicante il grado di purezza di un colore.
Tinta (*Hue*)	attributo in virtù del quale la sorgente luminosa (o l'oggetto riflettente la luce) è definita rossa, verde, blu, gialla, magenta, ecc.
YUV	Sistema di rappresentazione dei colori utilizzato nello standard televisivo PAL.

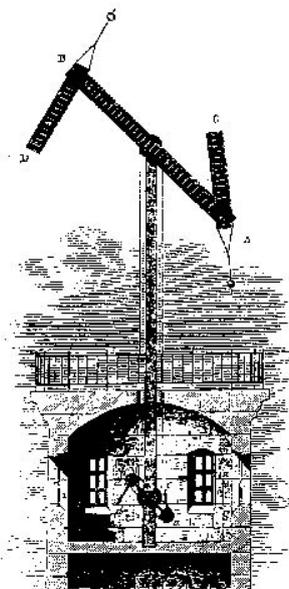
Da pochi caratteri a milioni di bit, sul filo di rame

ing. Marzio **Barbero**
ing. Natasha **Shpuza**

Il doppino, cioè il rame che arriva nelle nostre case, fino a poco tempo fa aveva l'unico scopo di permetterci di telefonare, in pochi anni sta diventando uno dei canali più flessibili e ampi per trasportare tutte le applicazioni internet, dal web alla TV e probabilmente nel prossimo futuro anche la HDTV. Questo articolo è una breve storia di questa metamorfosi e rivoluzione.

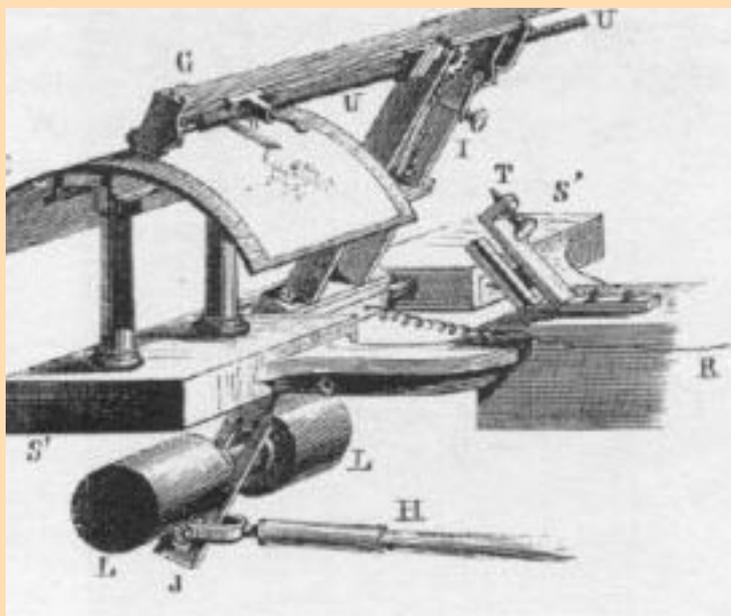
Telegrafo, fax e telefono

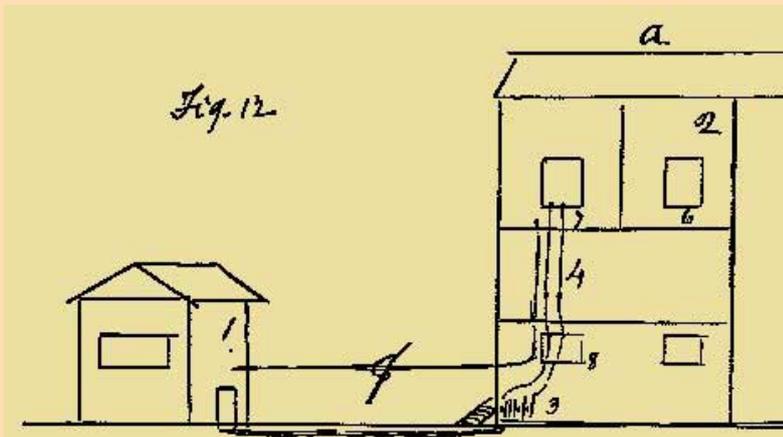
La trasmissione a distanza dei messaggi è avvenuta, fin dall'antichità, utilizzando vari tipi di canali e di codici: si sono utilizzate le vibrazioni (tamburi) ed i segnali ottici (segnali di fumo, bandiere o posizione delle braccia).

La prima rete telegrafica europea (il telegrafo Chappe) nasce oltre due secoli fa, immediatamente dopo la rivoluzione francese, utilizza un insieme discreto di simboli, la criptografia ed un canale ottico, ma la velocità di trasmissione non è particolarmente elevata

Il nome telegrafo deriva dalle due parole greche τηλε γραφειν (*tele*, lontano, e *graphein,* scrivere) e nasce per indicare la rete semaforica realizzata nel 1793 da un fisico francese Claude Chappe (1763-1805), per consentire rapide comunicazioni verso Parigi. Il ramo che interessa l'Italia è realizzato a partire dal 1805 e da Lione arriva fino a Venezia. Il sistema Chappe usa semafori a 3 aste in grado di formare 196 simboli differenti, di cui 92 utilizzati per un codice noto, per garantire la segretezza, solo ad alcuni dei responsabili. La velocità di trasmissione è funzione delle condizioni meteorologiche: se sono ottime la ricezione a Lille 9 avviene minuti dopo dall'invio da Parigi. La ricezione di un messaggio completo, di 36 segnali richiede 32 minuti.
(fonti: www.telegraphe-chappe.com e chappe.ec-lyon.fr).

Il codice per rappresentare i caratteri nel telegrafo è noto come codice Morse ed è costituito da punto (dura una unità di tempo), linea (tre unità di tempo), pausa fra le singole lettere (tre unità di tempo) e fra le parole (sette unità di tempo).
Il telegrafo è un sistema di trasmissione di tipo discreto, utilizza un numero finito di simboli, benché non sia binario (ci sono infatti tre simboli: punto, linea e pausa), su un canale fisico costituito da filo di rame.

A	•−	J	•−−−	S	•••
B	−•••	K	−•−	T	−
C	−•−•	L	•−••	U	••−
D	−••	M	−−	V	•••−
E	•	N	−•	W	•−−
F	••−•	O	−−−	X	−••−
G	−−•	P	•−−•	Y	−•−−
H	••••	Q	−−•−	Z	−−••
I	••	R	•−•		

Nel 1862 il professore di Fisica all'Università di Firenze Giovanni Caselli (1815-1891) costruisce il pantelegrafo ("pantografo" più "telegrafo"). Il sistema è adottato nel 1863 dalle Poste e Telegrafi francesi e usato tra Parigi e Lione e, successivamente, tra Parigi e Marsiglia fino al 1870.

Occorre attendere il 1830 perché venga dimostrata la possibilità di inviare un segnale elettrico su un filo di rame e il 1835 perché Samuel Morse (1797-1878) inventi il codice noto con il suo nome. Nel 1844 il primo messaggio percorre le 40 miglia della prima linea telegrafica, da Washington a Baltimora.

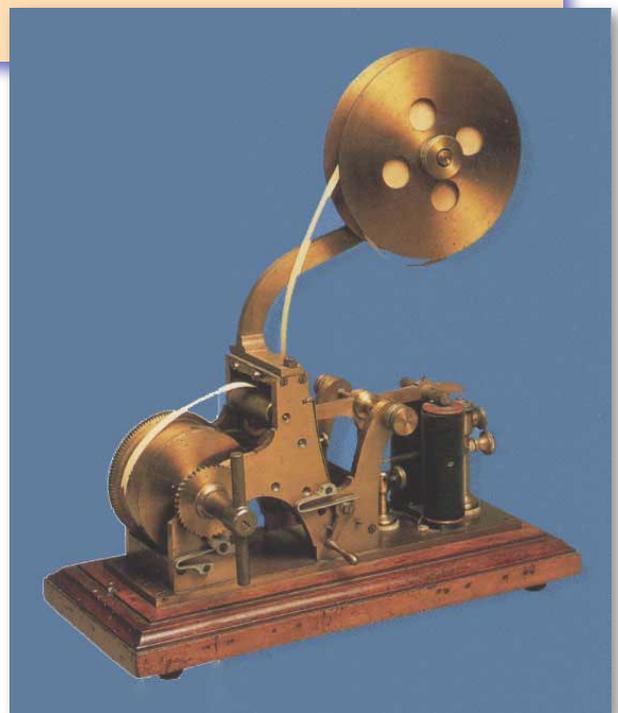
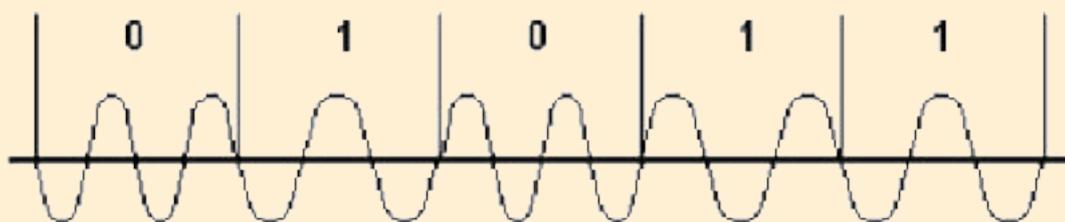
Il progenitore del fax è brevettato nel 1843 da un meccanico scozzese, Alexander Bain (1818-1903). E' un apparato in grado di effettuare la scansione di un'immagine mediante uno stilo montato su un pendolo e di riprodurlo mediante un'altra coppia stilo-pendolo collegato al primo mediante un filo elettrico. Nel 1862, il sistema è migliorato da Giovanni Caselli e reso operativo, dotandolo anche di un apparato di sincronizzazione .

Antonio Meucci (1808-1889) scopre nel 1849, all'Avana, la possibilità della trasmissione della voce mediante un segnale elettrico mentre sta applicando l'elettroterapia ad una paziente che soffre di reumatismi alla testa.
Il primo collegamento telefonico è realizzato da Meucci a Clifton, negli Stati Uniti, NY, tra il 1854 e il 1855 tra la camera di sua moglie Esther, al terzo piano della casa, e lo scantinato, dove ha un piccolo laboratorio. Lo schizzo riprodotto è tratto dalla sua deposizione a fine brevettuale.
(fonte: www.esanet.it/chez_basilio)

Pochi anni prima, un altro toscano, Antonio Meucci ha inventato il telefono e sullo stesso filo di rame trasporta a distanza un segnale analogico, continuo, ricavato dalla voce mediante un trasduttore meccanico (il microfono).

Bit e Modem

Occorre attendere un secolo prima che venga inventato un nuovo sistema che torni ad utilizzare il conduttore di rame per trasmettere, come nel caso del telegrafo, simboli discreti: i dati provenienti da un calcolatore elettronico.

Negli anni '50 compaiono i primi modem (*MOdulation - DEModulation*), basati su tecnologie proprietarie, utilizzano la modulazione FSK (*Frequency Shift Keying)* e consentono di trasmettere

Macchina telegrafica Morse a punta secca, costruzione Dell'Acqua (Milano) utilizzata nello Stato Pontificio nel 1853 sulla linea Roma-Terracina. (Museo della Radio e Televisione Rai - Torino).

Nel 1964 la Plenaria del CCITT (corrispondente all'attuale ITU/T) pubblica la raccomandazione V.21 per modem FSK (*Frequency Shift Modulation*) a 300 bit/s, *half-duplex*, sincrono. I bit 0 sono rappresentati da un segnale sinusoidale a 1850 Hz e i bit 1 da uno a 1650 Hz.

L'uso di diverse tecniche di modulazione differenzia vari standard: in V.22 si usa quella PSK (*Phase Shift Keying*), in v.22bis la QAM (*Quadrature Amplitute Modulation*) e in V.23 la FSK: la velocità di segnalazione sale a 600 o 1200 bit/s.

Nel 1976 il bit-rate sale a 9600 bit/s (V.29), la trasmissione è sincrona e la velocità è adattata alle condizioni del canale (può scendere a 7200, 4800 o 2400 bit/s).

in genere 300 bit al secondo (bit/s), corrispondenti approssimativamente a 25 caratteri, circa la velocità con cui una persona batte su una tastiera.

La capacità del canale cresce nel corso degli anni: dai 300 bit/s dello standard del 1964, arriva a 9600 nel 1976.

Tale capacità è ancora molto inferiore a quella teoricamente possibile. Shannon nel suo articolo[Nota 1] del 1948 aveva messo in relazione la capacità dei canali a banda limitata in presenza di rumore gaussiano; in base al teorema di Shannon, nel caso del canale telefonico, in cui la banda per la voce è inferiore a 3,3 kHz e il rapporto segnale/rumore può arrivare a 30 dB, è in teoria raggiungibile una capacità fra i 20 e i 30 kbit/s.

Gottfired Ungerboeck pubblica nel 1982 un articolo sul principio di funzionamento della modulazione trellis (TCM, *Trellis Coded Modulation*).

Nel 1984, la Rac. ITU-T V.32 introduce due tecniche fondamentali, la cancellazione degli echi e la codifica trellis: la velocità massima consentita da V.32 di 9600 bit/s passa successivamente a 14,4 kbit/s (V.32bis), a 36,6 kbit/s (V.34+, 1996).

Praticamente, anche grazie al miglioramento delle linee telefoniche e quindi all'aumento del rapporto segnale rumore, il limite di capacità indicato da Shannon è raggiunto.

Con V.90 (1998) e V.92 (1999) la velocità arriva a 56,6 kbit/s, apparentemente in contrasto con quanto affermato in precedenza in base al teorema di Shannon. In effetti questi modem devono essere utilizzati su linee telefoniche che supportano questa capacità, quindi caratterizzate da caratteristiche di banda, e distanza della centrale telefonica, molto migliori rispetto a quelle richieste al doppino telefonico per il servizio voce.

Nota 1 - C. E. Shannon: A Mathematical Theory of Communication, The Bell System Technical Journal, vol. 27, pp. 379-423, 623-656, October, 1948.

ADSL

L'utilizzazione del doppino di rame come collegamento tra la centrale telefonica e l'utente, cioè per l'ultimo miglio è alla base di DSL (*Digital Subscriber Line*) e ADSL (*Asymmetric DSL*). Questa tecnica è sviluppata alla Bellcore, in USA, alla fine degli anni '80.

In quel tempo gli operatori telefonici regionali in USA iniziano a temere la concorrenza degli operatori di TV via cavo (CaTV): il cavo coassiale può trasportare, oltre al segnale televisivo analogico dalla centrale di distribuzione agli utenti, anche altre informazioni (voce e dati) in modo bidirezionale.

Nel 1987 Joseph Lechleider dimostra che il doppino telefonico può trasmettere elevati flussi di dati e suggerisce la realizzazione di un canale asimmetrico: una maggiore capacità di trasporto nella direzione verso l'utente (*downstream*), rispetto a quella verso il fornitore del servizio (*upstream*). La capacità di trasporto del doppino telefonico è limitata dalla mutua interferenza delle coppie che costituiscono i grossi fasci che escono dalle centrali, per poi essere instradati verso i singoli

Nella tecnica ADSL è utilizzato una sola coppia di fili che interconnettono due modem. La tecnica di modulazione impiegata è la DMT (*Discrete Multi-Tone*), più nota come OFDM (*Orthogonal Frequency-Division Multiplexing*). Nella centrale telefonica è installato un dispositivo denominato DSLAM (*Digital Subscriber Line Access Multiplexer*) che aggrega i segnali relativi a più linee ADSL (tipicamente 20 o 50 linee) ed è collegato con la rete dell'operatore.

Sul doppino, 4 kHz sono destinati all'uso convenzionale, per il servizio telefonico. I dati occupano una banda di 1,1 MHz, oltre una banda di guardia. La banda dati complessiva è organizzata in 256 sottobande (*bins*) di 4.3125 kHz ciascuna. Per il flusso dall'utente alla centrale (*upstream*) sono disponibili 32 bins, le restanti 224 bins sono assegnate al flusso inverso (*downstream*).

Il bit-rate può variare da 64 kbit/s a 1 Mbit/s *upstream* e da 256 kbit/s a 8 Mbit/s *downstream* con una distanza dalla centrale di circa 1,5 km. Questi sono valori tipici, ma possono variare in funzione delle caratteristiche della linea: tipo di cavo e attenuazione, rapporto segnale/rumore e diafonia (*crosstalk*).

utenti. Poiché molti dei servizi proposti agli utenti (in particolare, navigazione sul web e *video on demand*) richiedono una elevata capacità soprattutto verso l'utente, conviene quindi adottare una distribuzione asimmetrica della capacità.

L'evoluzione delle tecnologie su cui si basa l'ADSL ha consentito di migliorare le prestazioni del sistema, lo standard ITU G.992 si è esteso e gli operatori telefonici sono ora in grado di offrire non solo servizi ADSL, ma anche ADSL2 e ADSL2+.

I miglioramenti sono stati introdotti soprattutto nel caso di linee di lunghezza significativa ed in presenza di interferenze, le nuove raccomandazioni consentono l'uso di filtri, al posto di separatori (*splitter*) ad entrambi i capi della linea: ciò consente una riduzione di costi, poiché non occorre l'impiego di un tecnico per l'installazione. Con ADSL2 si è ridotto il consumo, grazie alle tecniche di *power management*: solo nel caso in cui sia richiesto di scaricare dati ad alta velocità, si ricorre al livello di potenza più elevato. ADSL2 consente anche di combinare più linee in modo da fornire collegamenti a multipli della singola capacità per utenti che richiedono capacità molto elevate.

Poiché le prestazioni dipendono sia dalle dotazioni delle centrali che dalla qualità delle linee, non è possibile fornire il servizio ovunque, e garantire la capacità massima. In genere sono privilegiati gli utenti che si trovano nelle aree urbane, mentre sono le aree rurali a soffrire della mancanza o delle limitazioni per i servizi ADSL.

Secondo il DSL Forum, al 30 giugno 2005 erano 176 milioni le connessioni a larga banda nel mondo e 47,5 in Europa. Nel primo semestre 2005, sono stati più di 8 milioni i nuovi utenti della banda larga in Europa, e di questi l'81% è costituito da utenti DSL. Al 30 giugno risultavano 5 milioni e 135 mila gli utenti DSL in Italia, all'ottavo posto fra i 15 paesi con più di un milione di utenze. (fonte: www.dslforum.org/PressRoom/Q205DSLsubscriberfigures.pdf)

Standard	noto come	upstream capacità massima [Mbit/s]	downstream capacità massima [Mbit/s]	distanza massima indicativa [km]	
ITU G.992.1	G.DMT	1	8	2,5	utilizza una banda di 1,1 MHz
ITU G.992.2	G.lite	0,5	1,5	5,4	semplifica l'installazione; aumenta la distanza, sacrificando la velocità.
ITU G.992.3/4	ADSL2	1	12	2,5	utilizza una maggiore velocità di simbolo (*symbol rate*) e migliori tecniche di riduzione degli errori (*noise shaping*).
ITU G.992.5	ADSL2+	1	24	1,5	estende a 2,2 MHz la banda per i dati

Porte Aperte all'Innovazione

Dal 25 al 29 ottobre il Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica della Rai ha partecipato all'iniziativa "Porte aperte all'Innovazione" (www.porteaperteinnovazione.it) insieme ad altre 79 realtà in Torino e nel territorio metropolitano e provinciale.

Il Centro Ricerche è parte di uno dei 9 percorsi dell'innovazione, intitolato "Comunicare e apprendere (wireless, realtà virtuale, multimedialità, e-learning)".

Trecento visitatori hanno seguito le cinque erano le tappe del percorso all'interno del Centro, che sono brevemente illustrate in questa scheda.

Per facilitare l'eventuale approfondimento dei temi sono indicati articoli pubblicati sulla rivista Elettronica e Telecomunicazioni,.

1. Catalogo Multimediale

La videoteca Rai è seconda, per quantità di materiali, soltanto a quella della BBC, ma è leader in Europa per la catalogazione multimediale. Un esempio dei contenuti, attuali e storici, è reso disponibile dalle Teche Rai sul portale Rai: www.teche.rai.it. Questi esempi sono file video estratti dal Catalogo Multimediale, ad uso interno Rai.

Nel corso della visita sono illustrate le funzionalità di ricerca, navigazione e visualizzazione del Catalogo che, attraverso la rete intranet Rai e su normali stazioni di lavoro da ufficio, consentono l'individuazione del materiale d'archivio per l'arricchimento e la realizzazione anche dei nuovi prodotti televisivi e multimediali.

La dimostrazione include le moderne tecnologie per la trascrizione testuale del parlato, su cui si basa la ricerca di notizie in ambito giornalistico, e i sistemi automatici usati per il popolamento multimediale del Catalogo, tra cui una libreria nastri robotizzata e il video-segmentatore che registra le immagini rappresentative .

Un esempio: mediante la ricerca con la parola chiave "alta definizione" si è individuato un programma diffuso domenica 13 settembre 1987 dedicato al film "Giulia e Giulia" realizzato con le tecniche elettroniche in alta definizione, che include, tra l'altro, una intervista al protagonista, Sting.

2. Televisione Digitale Terrestre

Il 3 gennaio 2004, esattamente cinquant'anni dopo l'inizio dei programmi televisivi in Italia, è stata avviata ufficialmente la televisione digitale terrestre, nota anche come DTT (*Digital Terrestrial Television*).

La DTT consente di aumentare il numero di programmi poiché sfrutta meglio la banda assegnata ai servizi televisivi. Infatti, grazie al segnale digitale, in ogni singolo canale (in cui precedentemente era possibile allocare un solo programma analogico) è oggi possibile trasmettere fino a 5 programmi televisivi, audio aggiuntivi, programmi radiofonici e servizi interattivi.

La televisione digitale terrestre non solo amplia l'offerta dei contenuti, ma riduce anche l'inquinamento elettromagnetico e permette di scendere al di sotto dei livelli previsti dalla attuale legislazione Italiana, una fra le più restrittive al mondo nella protezione della salute del cittadino.

L'interattività permette l'arricchimento dei programmi, giochi, un SuperTelevideo e la guida TV. Consente l'introduzione di nuovi servizi, il dialogo tra cittadino ed ente pubblico, tra gli erogatori di servizi ed il cliente.

Per accedere ai servizi interattivi occorre disporre di un ricevitore interattivo basato sullo standard MHP (*Multimedia Home Platform*).

Il primo articolo del numero di agosto 2005 è dedicato a Piemonte On Air, un portale regionale di servizi sulla TV digitale terrestre.

La televisione digitale terrestre è basata sullo DVB-T, che è parte di una famiglia di standard internazionali denominata *Digital Video Broadcasting* (come illustrato nell'articolo pubblicato nel dicembre 2004).

3. TV e terminali mobili

La televisione è certamente uno dei prossimi servizi che potremo avere sui telefonini. Lo standard che permetterà di ottenere questa funzionalità, deriva dall'evoluzione della tecnologia DTT e si chiama DVB-H, dove la H sta per *handheld*, e significa che la fruizione del servizio è destinata a terminali portatili cioè telefonini e palmari (o PDA, *Personal Digital Assistant*).

La tecnologia DVB-H è, al pari della televisione che usiamo a casa, una tecnologia di tipo "*broadcast*" cioè che può essere ricevuta da un numero elevatissimo di utenti contemporanei.

Gli aspetti principali di questa tecnologia, che consente di ricevere un segnale di qualità anche in movimento ad alta velocità, sono l'adozione di nuove e più efficaci tecniche di codifica audio/video (MPEG4), la gestione della correzione degli errori (MPE-FEC), la significativa riduzione dei consumi di energia (*Time Slicing*) e la distribuzione dei flussi informativi sotto forma di pacchetti dati IP (*IP Datacast*).

In più, sfruttando in maniera sinergica le reti mobili (GPRS o UMTS), il terminale DVB-H potrà dar vita ad una vera e propria televisione interattiva portatile in cui l'utente oltre a vedere la televisione può parallelamente scaricare contenuti addizionali collegati al programma televisivo trasmesso.

4. HDTV e display

La Rai ha avuto un ruolo pioneristico nello studio dei sistemi televisivi ad alta definizione (HDTV, *High Definition TeleVision*) e nella sperimentazione delle tecniche di ripresa e produzione, realizzando alcuni film con tecniche elettroniche già negli anni '80.

Nel 1990 il Centro Ricerche Rai ebbe un ruolo determinante nella diffusione sperimentale via satellite di numerose partite dei Mondiali di Calcio Italia '90, riprese nei formati HDTV allora proposti, codificate mediante algoritmi di compressione del segnale video e trasmesse via satellite, dimostrando così la fattibilità delle tecniche che si sono successivamente evolute, dando origine agli standard DVB.

Solo oggi i progressi nella realizzazione di elaboratori, memorie e, soprattutto, schermi piatti con caratteristiche di velocità, qualità e costo adatti ad applicazioni domestiche rendono possibile la diffusione sui canali digitali satellitari e terrestri di segnali HDTV.

E oggi la Rai, grazie al Centro Ricerche, intende assumere, in particolare nell'area torinese e piemontese, un ruolo importante a livello mondiale per la sperimentazione delle tecnologie HDTV.

Nel corso della visita sono illustrati problemi e soluzioni tecnologiche nel campo della compressione video e le caratteristiche dei nuovi schermi piatti.

La crescita della definizione delle immagini televisive, dai primi esperimenti degli anni '20 fino alla HDTV, è oggetto di uno degli articoli pubblicati nel numero di agosto 2005.

Le caratteristiche degli standard HDTV e l'evoluzione delle tecnologie che la rendono possibile sono illustrate nel numero di aprile 2005.

Il numero di agosto 2004 è quasi interamente dedicato alla televisione stereoscopica: le origini e la storia, le tecniche e i display, la realizzazione di un cortometraggio sul Piemonte.

Una tecnica, nota come "effetto Pulfrich", descritta nel numero di dicembre 2004, è stata ottimizzata per consentire al programma Futura di Rai Due la messa in onda di una serie di "corti" che sfruttano tale illusione ottica.

5. Stereovisione

Contemporaneamente alla nascita del cinema è sorta l'esigenza di rappresentare la scena nello spazio tridimensionale. Numerose tecniche sono state ideate e sviluppate nell'ultimo secolo per sfruttare la visione binoculare, cioè con i due occhi, e consentire la percezione corretta nell'immagine cinematografica o televisiva di volumi e distanze.

Alcune di queste tecniche sono state approfondite e applicate, in collaborazione con i responsabili della produzione televisiva, per valutare sia le problematiche di ripresa e postproduzione, sia i sistemi di fruizione, con l'uso di occhiali o mediante appositi display autostereoscopici.

Una serie di articoli pubblicati su Elettronica e Telecomunicazioni è dedicato a questi temi.

Nel corso della visita è possibile assistere ad una breve dimostrazione delle realizzazioni sperimentali utilizzanti il metodo Pulfrich.

Una prossima diffusione di prodotti in stereovisione è agevolato dal rapido sviluppo delle tecniche digitali, che facilitano la realizzazione di film di animazione con tecniche 3d e la produzione e diffusione a costi contenuti di viste multiple. L'ampia penetrazione degli schermi piatti e la riduzione del loro costo rende possibile la realizzazione di display autostereoscopici, che non richiedono l'uso di occhiali, e di cui sono dimostrati alcuni esempi, realizzati con tecnologia LCD.